المحتويات

مقـــدمـــة	٥
الفصل الأول	٧
تعريف الذكاء الاصطناعي	٧
١ – ١ اهمية الذكاء الاصطناعي	٨
٢ – ١ عينات من تطبيقات الذكاء الاصطناعي	١٠
٣ – ١ فروع الذكاء الاصطناعي	١٢
الفصل الثاني	
تاريخ الذكاء الاصطناعي	١٨
١ – ٢ فترة الأربعينات وظهور الحاسوب	١٩
٢ – ٢ الخمسينات وولادة مصطلح الذكاء الاصطناعي	٢٢
٣ – ٢ الستينات ومرحلة النضج	٢٤
٤ – ٢ السبعينات والتخصص	٢٤
٥ – ٢ الثمانينات: الذكاء الاصطناعي يصبح صناعة	٢٦
٦ – ٢ الذكاء الاصطناعي والقرن الجديد	٢٧
الفصل الثالث	
الشبكات العصبية الاصطناعية	٣٠
١ – ٣ الخلية العصبية البشرية	٣١
٢ – ٣ الخلية العصبية الاصطناعية	٣٤
٣ – ٣ الشبكات العصبية المراقَبة	٣٧
الفصل الرابع	
منطـــق الغمـــوض	٣٩
١ – ٤ المجاميع الغموضيه	٤٠
٢ – ٤ مفهوم المتغير اللغوي	٤٢
٣ – ٤ دالة العضوية	٤٣
٤ – ٤ عملية الدّلالة	٤٤
٥ – ٤ آلية الاستنتاج الغموضية	٤٥


j4know
فقط للعلم
مكتبة

٦ – ٤ تطبيق نظام الغموض عملياً ٤٨

الفصل الخامس

الأنظمة الخبيرة ٥٠

١ – ٥ تعريف الأنظمة الخبيرة ٥٠

٢ – ٥ تمثيل المعرفة ٥٣

٣ – ٥اكتساب المعرفة ٥٦

٤ –٥ محرك الاستنتاج ٦٢

الفصل السادس

الروبوت (الإنسان الآلي) ٦٥

١ – ٦ موجز تاريخي عن تطور الروبوت ٦٧

٢ – ٦ تركيبة الروبوت ٦٩

٣ – ٦نظام الروبوت الصُغري ٧٨

٤ – ٦ التطبيقات العملية للروبوت ٧٨

الفصل السابع

قضايا فلسفية في الذكاء الاصطناعي ٨٢

١ – ٧هل الحاسوب يُفكر؟ ٨٢

٢ – ٧ أيمكن للحاسوب أن يبدع؟ ٨٥

٣ – ٧ الحاسوب ومسألة الوعي ٨٧

٤ – ٧ الحاسوب ومسألة البديهة ٨٨

٥ – ٧ الحاسوب ومسألة العاطفة ٨٨

الفصل الثامن

مستقبل الذكاء الاصطناعي: آمال ومخاوف ٩٠

١ – ٨ الذكاء الاصطناعي تقنية الدمار الشامل ٩٠

٢ – ٨ التشاؤم من مستقبل الآلة تفاءل مفرط بنجاحها ٩٦

المراجع

مقـــدمـــة

منذ خمسين سنة كان عدد من العلماء يحلم بالآلات الذكية ويطمح لتحقيق هذا الحلم. وسريعاً ما انضم إلى هذا الفريق من الحالمين عدد من الناس استهوتهم فكرة الرجل الآلي الذي يقوم بشؤون البيت ويُؤمر فيطيع دون تذمر، أو فكرة البيت الذكي التي تسمح بوضع كل أجزائه من مكيفات، وإضاءاة، وكاميرات، وأبواب، وجدران، رهن الإشارة. أو ربما فكرة السيارة التي تُنادى فتستجيب، وتجوب بنا الأرض دون أن نضطر لمعرفة القيادة أو حتى معرفة الطريق. هذا دون أن ننسى فكرة السفر إلى القمر بلمح البصر عبر مركبة ذكية تتولى مهمة الرحلة وأحلام كثيرة لا تقل أهمية عمّا سبق.

وبعد خمسين سنة لم يدخل الرجل الآلي البيت بعد، ومازال كثير من نسائنا وقليل من رجالنا يعاني من شؤون البيت، ويتذمر، ومازالت السيارات كما عهدنا، ولا نبتغي منها سوى ألا تتوقف بنا في زحمة السير، ولا أن تكثر علينا بزيارة ورش التصليح. إضافة إلى كل هذا لازلنا على سطح الأرض ولم ير أي منا مركبة فضاء إلا عبر قنوات التلفاز ومازال القمر كما كان والسفر الميسر إليه بعيد المنال. مع كل ما سبق، مازالت فكرة الآلات الذكية حية والحلم في تحقيقها قائم. وبرز إلى الوجود مصطلح " الذكاء الاصطناعي " وأصبح موضوعاً لأغلى أفلام الخيال العلمي، ومن أكثر ميادين البحث العلمي نشاطاً وتقدماً في جميع أنحاء العالم. وبعد عقود من البحث في هذا المجال ومحاولات ملحة وتحدي لا يقبل التراجع اتضح لنا أن كثيراً من الأحلام في هذا المجال ليست مستحيلة بل في المتناول، ولكنها تتطلب كثيراً من الدعم المادي وقليلاً من الواقعية وشيئاً من الصبر. وفعلاً بدأت منذ سنوات تظهر أمامنا بعض التطبيقات في مجال الذكاء الاصطناعي لتبرهن أن كثيراً من الأحلام القديمة التي لم تتحقق إلى الآن قد تصبح واقعاً في المستقبل القريب.

يحظى الذكاء الاصطناعي رغم حداثته كعلم، بتغطية كبيرة في جميع

وسائل الإعلام، كما يحظى باهتمام كبير في الأوساط الأكاديمية والصناعية في بلدان كثيرة بما في ذلك الدول العربية. ومع كل ذلك مازال هذا العلم غامضاً وغير مفهوم بالنسبة لكثير من الناس، إن لم يكن أغلبهم.

يهدف هذا الكتاب إلى تسليط الضوء على هذا الميدان و أهميته من خلال استعراض مفهومه، و تاريخه، و فروعه، و تطبيقاته، و بعض التوقعات لمستقبله. ونطمح أن يكون هذا العرض مبسطا وشيقا، آملين أن يعطي القارىء الكريم فكرة كافية عن هذا الميدان وأبعاده العلمية والواقعية وبعيدا عن الخيال حتى وإن كان هذا الخيال علميا.

د. عادل عبد النور

الفصل الأول
تعريف الذكاء الاصطناعي

يمكن تعريف الذكاء الاصطناعي بأنه " علم يهتم بصناعة آلات تقوم بتصرفات يعتبرها الإنسان تصرفات ذكية " . أو ببساطة أكثر يعرفه رسّل بيل – أحد العاملين في هذا المجال– على أنه محاولة " جعل الآلات العادية تتصرف كالآلات التي نراها في أفلام الخيال العلمي " . فالذكاء الاصطناعي إذاً هو علم هدفه الأول جعل الحاسوب وغيره من الآلات تكتسب صفة الذكاء ويكون لها القدرة على القيام بأشياء مازالت إلى عهد قريب حصراً على الإنسان كالتفكير والتعلم والإبداع والتخاطب.

فالحواسيب اليوم تملك القدرة على حل أكثر العمليات الرياضية تعقيداً وأسرع ملايين المرات من الإنسان، ولكنها مازالت عاجزة إلى حد كبير على القيام بأشياء بسيطة يؤديها الطفل الصغير بمهارة فائقة كالتخاطب مثلاً أو معرفة أفراد العائلة أو حتى التفكير. فالحاسوب – كما يُفهم من اسمه – يحسب ويتعامل مع الأرقام ولكنه لا يفكر ولا يدرك. و عقل الإنسان يتكون من بلايين الخلايا العصبية مترابطة على شكل شبكة غاية في التعقيد ويضعه كثيرون بين أكثر الأشياء تعقيداً في هذا الكون، وبالتالي فإن محاولة تقليده تتجاوز إمكانيات البشر. لكن محاولة تقليد بعض خصائصه التي يمكن الاستفادة منها في جعل الآلات أذكى هو أسهل المسالك وبالتالي اهتم الباحثون في الميدان بهدفين رئيسين:

- محاولة فهم كيف يعالج العقل المعلومات المكتسبة.
- محاولة فهم الأسس العامة للذكاء.

وللوصول إلى هذين الهدفين وعلى امتداد خمسين السنة الماضية تضافرت الجهود في عدد من الميادين، كالفلسفةو علم النفس و علم الإدراك و علم المنطق و الألسنيات و الرياضيات، وعلم الأحياء. ومنذ سنوات بدأت هذه الجهود تحصد من ثمارها وظهرت إلى الوجود تطبيقات مذهلة للذكاء

الاصطناعي قفزت مبيعاتها في أمريكا وحدها في سنة ١٩٨٦م إلى ٤٢٥ مليون دولار، وفي أمريكا تبنت قرابة ١٥٠ شركة مشاريع شتى في هذا الميدان وصلت مصاريفها إلى واحد بليون دولار وكان فريق الذكاء الاصطناعي في شركة DEC وحدها يضم ٧٠٠ موظف.

١ – ١ أهمية الذكاء الاصطناعي

ربما ليس من الصدف أن يكون "للاهتمام" و " الأهمية" مصدراً لغوي واحد في لغتنا العربية لاننا عادة لانهتم الا بمانراه مهماً. و لعل الاهتمام الكبير الذي يحظى به الذكاء الاصطناعي على كل المستويات هو أبرز المؤشرات على أهميته. وأهمية الذكاء الاصطناعي والآلات الذكية هي إمتداد لأهمية الآلة في حياة البشر منذ أمد يرجع إلى العصر الحجري. فمنذ التاريخ البعيد دأب الانسان على صنع آلات لتسهيل شؤون حياته اليومية ووظفها كذلك لصنع آلات اخرى، فتنوعت الآلات والوظائف وتوطدت بذلك العلاقة بين الانسان والآلة. وسيراً على مبدأ " الحاجة أم الاختراع"، سعى الانسان لاختراع آلة كلما دعت الحاجة. وبين وقت وآخر يظهر اختراع يحدث قفزة هائلة في حياة الانسان، ويفتح بذلك أبوابا جديدة لآلات أخرى وعلاقة أكثر توطداً بين الانسان والآلة.

ومع أهمية كل اختراع جديد وبريقه، تتضاءل الاختراعات التي تسبقه. فليس من الصعب أن نتخيل الثورة التي أحدثها اختراع الآلة الكاتبة وأهمية الدور الذي لعبته كما أنه ليس من الصعب أن نجزم بعدم فائدتها بعد اختراع الحاسوب. فالتطورات الطبيعية للآلات ضرورة حتمية لانها تجاري نسق الحياة التي تسير في اتجاه التعقيد. وكلما زادت الحياة صعوبة تأتي الآلات الجديدة لتساهم بشيء من الرفاهية واليسر. وقد وصل عالمنا اليوم إلى مرحلة من التطور الهائل والتشابك في الوظائف والتعقيد في المهام ويحتاج فعلاً إلى الآت غير التقليدية لتساير هذه المرحلة الزمنية والمراحل القادمة التي سيكون فيها تسارع التعقيد أكثر اطّرادًا مما

عهدناه في العصور السابقة– القريبة منها والبعيدة.

وباختصار شديد فإن أهمية الذكاء الاصطناعي أكبر من أن تحصى في نقاط سريعة ولكن يمكن الاشارة إلى بعض جوانبها ومنها:

- من المتوقع أن يسهم الذكاء الاصطناعي في المحافظة على الخبرات البشرية المتراكمة بنقلها للآلات الذكية.
- بسبب الذكاء الاصطناعي سيتمكن الانسان من استخدام اللغة الانسانية في التعامل مع الآلات عوضاً عن لغات البرمجة الحاسوبية مما يجعل الآلات واستخدامها في متناول كل شرائح المجتمع حتى من ذوي الإحتياجات الخاصة بعد أن كان التعامل مع الآلات المتقدمة حكراً على المختصين وذوي الخبرات.
- سيلعب الذكاء الاصطناعي دوراً مهماً في الكثير من الميادين الحساسة كالمساعدة في تشخيص الأمراض ووصف الأدوية، و الاستشارات القانونية والمهنية، و التعليم التفاعلي، و المجالات الأمنية والعسكرية.
- ستسهم الأنظمة الذكية في المجالات التي يصنع فيها القرار. فهذه الأنظمة تتمتع بالاستقلالية والدقة والموضوعية وبالتالي تكون قراراتها بعيدة عن الخطأ والانحياز والعنصرية أو الأحكام المسبقة أو حتى التدخلات الخارجية أو الشخصية.
- ستخفف الآلات الذكية عن الإنسان الكثير من المخاطر والضغوطات النفسية وتجعله يركز على أشياء أكثر أهمية وأكثر إنسانية ويكون ذلك بتوظيف هذه الآلات للقيام بالأعمال الشاقة والخطرة واستكشاف الأماكن المجهولة والمشاركة في عمليات الإنقاذ أثناء الكوارث الطبيعية. كما سيكون لهذه الآلات دور فعال في الميادين التي تتضمن تفاصيل كثيرة تتّسم بالتعقيد، والتي تحتاج الى تركيز عقلي متعب وحضور ذهني متواصل و قرارات حساسة وسريعة لاتحتمل التأخير والخطأ.

فأهمية الذكاء الاصطناعي تشمل العديد من الجوانب وفعلا ليس من

السهل حصرها، وعلينا الاعتراف بأن الذكاء الاصطناعي قد يكون أكثر قدرة حتى على البحوث العلمية، وقد يتسلم عجلة القيادة للوصول إلى المزيد من الاكتشافات، وبالتالي سيكون عاملاً مهماً في زيادة تسارع النمو والتطور في الميادين العلمية كافة.

٢ – ١ عينات من تطبيقات الذكاء الاصطناعي

لقد تعددت تطبيقات الذكاء الاصطناعي في العقدين الماضيين وشملت كثيراً من مجالات الحياة وأصبح من الصعب حصرها، لكن فيما يلي نبذة بسيطة عن بعضها.

ففي سنة ١٩٩٧م وأمام أنظار العالم أنهزم قاري كاسباروف (بطل العالم في لعبة الشطرنج لمدة ١٢ سنة) أمام حاسوب يستخدم برنامجاً يسمى Deep Blue كم هو موضح في الشكل ١ – ١ وقد تم تطوير هذا البرنامج من طرف باحثين في شركة IBM مستعينين ببعض نظريات الذكاء الاصطناعي.

وفي سنة ١٩٩٦م قطعت سيارة (بدون سائق بشري) المسافة بين واشنطن وسان دياقو كالفورنيا بالولايات المتحدة والبالغة قرابة ٢٨٠٠ ميل بمعدل سرعة يساوي ٦٣ ميل في الساعة بقيادة نظام ذكي سمي نظام "رالف" وقد تمكنت السيارة من القيام بالرحلة في ساعات النهار والليل وحتى في الجو الماطر.

وفي تجربة غير مسبوقة سنة ١٩٩٩م، أعطت شركة الفضاء الأمريكية NASA المسؤولية الأساسية في قيادة مركبتها الفضائية لنظام من أنظمة الذكاء الاصطناعي وكانت المركبة تبعد عن الأرض مسافة ١٦٠ مليون ميل وكانت خطوة لاكتشاف الفضاء دون حاجة للإنسان داخل المركبة.

ولتسهيل التعامل التجاري والمالي عبر الإنترنت في عصر المعلومات أصبح للذكاء الاصطناعي كذلك دور مهم خصوصاً في تلقي طلبات العملاء وإعطاء المعلومات المطلوبة وحتى تغيير خصائص بعض

المعروضات لتتوافق مع رغبة العملاء.



شكل ١-١ بطل العالم في الشطرنج ينهزم أمام حاسوب ذكي
المصدر: www.soi.wide.ad.jp/class/20040000/slides/04/img

وفي المجال الطبي، ظهر عدد من أنظمة الذكاء الاصطناعي لمساعدة الطبيب على تشخيص الأمراض، ووصف الدواء، ومتابعة حالة المرضى. حتى الميدان التربوي استفاد من هذا العلم الجديد، فقد برزت العديد من البرامج التي تساعد الطلاب على المذاكرة أو حتى الاستماع للسؤال ثم الإجابة عليه (ضمن مجال محدود).

واتسعت رقعة تطبيقات الذكاء الاصطناعي لتشمل حتى ميادين الخلق والإبداع وفي هذه الميادين بالذات لازالت الجهود حثيثة للوصول إلى القناعة الكافية على أن بإمكان نظام اصطناعي الارتقاء إلى درجة الإبداع. ومن المحاولات التي حالفها النجاح نذكر من الأنظمة الذكية نظاماً لاكتشاف نظريات رياضية مفيدة، نظاماً للرسم، ونظاماً يقوم بتفسيرات إبداعية.

وهناك تطبيقات كثيرة أخرى لا يتسع المجال لذكرها كلها وكثير منا يتعامل مع بعضها دون أن يدري، كبعض أنواع أجهزة التصوير والفيديو والمكيفات وترس نقل الحركة في بعض السيارات الجديدة.

١–٣ فروع الذكاء الاصطناعي

للذكاء الاصطناعي فروع عديدة متفق عليها وأخرى قابلة للنقاش، والسبب وراء الاختلاف هو فلسفي أكثر من أي شيء آخر. فبعض الباحثين يرى أن الذكاء الاصطناعي هو مجال هندسي، وآخرون يرونه كمجال علمي بحت. فكل فريق وحسب مجاله يرى فروع الذكاء من منطلق مختلف، على أن الجميع يرى أن تطبيقاته تتعدى حدود المجالات الدقيقة علمية كانت أم هندسية. وفي هذا الكتاب سنكتفي بتغطية فقط الفروع الشائعة والعامة ولن نتطرق من قريب أو من بعيد إلى بقية الفروع.

سبق وأن ذكرنا أن الدافع أو الهدف من وراء الذكاء الاصطناعي هو الوصول إلى آلات ذكية دون اللجوء، أو حتى محاولة، تقليد جزئيات التركيب المعقدة للعقل البشري، والاقتصار على محاولة فهم كيف يعالج العقل المعلومات إضافة إلى محاولة فهم الأسس العامة للذكاء. وباختلاف الفهم لهذين العنصرين يختلف التصور لحل معضلة الذكاء الاصطناعي ومن هنا جاءت الفروع المتعددة التي سنتطرق إلى شرح أربعة منها في هذا الكتاب وهي: الشبكات العصبية الاصطناعية، منطق الغموض، الأنظمة الخبيرة، والإنسان الآلي.

الشبكات العصبية الاصطناعية

تعتبر الشبكات العصبية الاصطناعية في الأساس محاولة لمحاكاة العقل البشري وهي ترتكز على فكرة أنه بالإمكان استخلاص بعض الخصائص الأساسية للعقل البشري وتبسيطها ومن ثم استعمالها لمحاكاة العقل. وأهم هذه الخصائص هي التوصيلات أو الربط بين الخلايا العصبية

والتي برهن مختصو علم الأعصاب أنها مخزن المعلومات في العقل وأهم أجزائه. فالعقل البشري يخزن المعطيات ويتعلم المعلومات الجديدة عن طريق تقوية الربط أو إضعافه بين الخلايا العصبية العديدة.

والهدف الأول من الشبكات العصبية الاصطناعية هو تعلم كيفية التعرف على أنماط معينة في مجموعة من البيانات. فبعد أن يقع تدريب الشبكات العصبية على عينات من البيانات يصبح لها القدرة على التنبؤ بأنماط شبيهة في بيانات أخرى مختلفة عن التي دربت عليها وبالتالي لها القدرة على التعلّم وهي أهم مواصفات الذكاء.

فمثلاً، لو مددنا الشبكات العصبية بمعلومات عن الطاقة الكهربائية المستهلكة في السنوات الماضية ودربناها عليها سيصبح بإمكانها أن تتنبأ بالاستهلاك المستقبلي رغم التعقيدات التي تحف بهذا الميدان من تغير عدد السكان وتأثيرات الطقس وتغير لأعداد المشتركين في شركة الكهرباء، ...الخ. فهي قادرة على التعرف على نمط العلاقات المعقدة التي قد لا تكون واضحة حتى بالنسبة للخبراء.

وإذا كانت الشبكات العصبية بهذه القدرة على التعلم والتعميم حتى في المجالات المعقدة، رغم أنها لا تستعمل أكثر من بضع مئات من الخلايا العصبية الاصطناعية على أقصى تقدير فما بالك بالعقل البشري الذي يتكون من بضع بلايين من هذه الخلايا؟.

منطق الغموض

فكرة منطق الغموض فكرة شرقية بحتة وسنرى أهمية ذلك لاحقاً وقد أتى بها لطفي زاده في أواخر الستينات الميلادية و أساس الفكرة أن الإنسان لا يتعامل في شؤون حياته بالأرقام والمعطيات الدقيقة ولكنه قادر على اتخاذ قرارات صعبة وقادر على التعامل مع أوضاع كثيرة بنجاح. فنحن، لنتعرف على شخص رأيناه سابقاً، لسنا في حاجة لتخزين بيانات دقيقة عن طوله ولونه ولباسه ووزنه وغيرها من التفاصيل ولكن قلّما نفشل في التعرف على

شخص سبق وإن رأيناه أو تحدثنا معه ولو لبضع دقائق.

من هنا، رأى لطفي زاده أنه إذا كان الإنسان يتعامل بذكاء مع محيطه رغم أن ما يخزن في عقله لا يتعدى العموميات وأحياناً تكون عموميات غامضة، فهذا دليل على أن الدقة المتناهية والتفاصيل الصغيرة والأرقام ليست أساسية للوصول لآلات ذكية بما أنها لم تكن أساسية لذكاء البشر.
فلماذا نجح الإنسان ولم تنجح الآلة؟ يرى لطفي زاده أن السبب هو " اللغة " . فاللغة تعطي للإنسان القدرة على التعبير على حالات معينة بإيجاز في حين يتطلب وقت كبير لوضعها في شكل أرقام حتى يتسنى للحاسوب فهمها ثم التعامل معها.

فإذا أردنا مثلا أن نعلم الحاسوب معنى " رجل طويل " كان لزاماً علينا أن نعطي أرقاماً دقيقة ونقول على سبيل المثال الرجل الطويل هو من يزيد طوله على ١,٨٠سم. هذا أمر سهل. لكن ما رأي الحاسوب في رجل طوله ١,٧٩سم؟ طبعاً رجل ليس طويل! ومن هنا تبرز مسألة المنطق العادي وغياب اللغة.

وليس من الغريب أن نسمع أحدهم يصف آخر ويقول " هو ليس بطويل وليس بقصير " فنحن نفهم بالضبط ما يعني تماماً كما نفهم إذا قيل لنا "أن الطقس ليس ببارد ولا بحار" هذه الجمل تتنافى مع المنطق الكلاسيكي الذي يرتكز على " صح " و " خطأ " ولا شيء غيرهما. وهو نفس المنطق الذي بُني عليه الحاسوب –وهذه فكرة غربية لأن الغربيين نادراً ما يسمحون بالمساحة الرمادية (عكس الشرقيين).

فمنطق الغموض جاء ليعوض المنطق الثنائي بمنطق آخر أقرب للإنسان، فيه كل الدرجات وليس الصفر والواحد فقط. فإذا أردنا أن نصنف شخصاً طوله س١,٨٠م يمكن أن نقول أنه طويل جداً بدرجة ٠,٢ من واحد وطويل بدرجة واحد من واحد وقصير بدرجةصفر من واحد أو أي تصنيف آخر شبيه بهذا. المهم أن هذا المنطق يسمح بتعدد التصنيف وهذا أقرب للتفكير البشري

وأقدر على جعل الآلة أكثر ذكاءاً من المنطق الكلاسيكي لأنه يتعامل مع الغموض والتعقيد بنجاح أكبر.

الأنظمة الخبيرة

إذا كانت الشبكات العصبية الاصطناعية محاولة لمحاكاة تركيبة العقل عند الإنسان وإذا كان منطق الغموض محاولة لاستعمال "اللغة البشرية" لجعل الآلة أذكى في التعامل مع المحيط فإن الأنظمة الخبيرة – كما يفهم من اسمها – كانت محاولة لمحاكاة المخزون أو التجارب التي يملكها خبير ما في ميدان ما. فهذه الأنظمة – كالخبراء من البشر– خبيرة في ميدان محدد جداً وبالتالي لكل ميدان أنظمة خاصة.

ففي الميدان الصناعي، يعتبر هذا الفرع من أكثر فروع الذكاء الاصطناعي نجاحاً وتطبيقاً وفي نفس الوقت أغلاها ثمناً وإلى حد ما أصعبها. ويهدف هذا الفرع إلى نقل تجارب الخبراء في موضوع محدد وتخزينها في الحاسب الآلي ليصبح هذا الأخير مرجعية أو مستشاراً في هذا الموضوع.

مثلاً، إذا طلبنا من طبيب مختص في أمراض القلب أن يعطينا بالتفصيل خبرته في التشخيص ووصف الدواء (وهذا صعب) وأن يضعها على الشكل التالي:

إذا كان التحليل المخبري (كذا)
وكانت سن المريض (كذا)
وكانت دقات القلب (كذا)
و... و...
فإن حالة المريض (كذا)
ودواءه (كذا).

إذا كان بالإمكان "عصر" كل هذه التفاصيل من طبيب ذي خبرة فإنه بالإمكان تخزينها كقوانين في برنامج في الحاسب الآلي. إضافة إلى هذه

المعلومات يقع مد البرنامج الحاسوبي بكيفية استنباط القرارات إذا ما واجهته حالة لا يملك عنها معلومات كافية. ويكتمل المشروع بتصميم وسيلة التخاطب بين الحاسوب والمستعمل. عند استيفاء كل هذه الجوانب يصبح بالإمكان إدخال نتائج التحاليل وسن المريض وعدد دقات القلب وغيرها من المعطيات في الحاسوب الذي بدوره يشخص المرض ويصف الدواء. ويصبح هذا الحاسوب "خبيراً" في تشخيص أمراض القلب. إذا أردنا تشخيص مرض آخر يجب أن نصمم نظاماً آخر لهذه المهمة وهكذا.

فهذا النوع من الذكاء الاصطناعي يحفظ الخبرات البشرية التي يمكن تطويرها كل ما توفرت خبرات جديدة وإذا ما صمم بطريقة جيدة فإنه يفوق الخبير البشري لأنه لا يخطئ ولا يتعب ولا ينسى إضافة إلى سرعته الفائقة وإمكانية استعماله في أماكن عديدة في نفس الوقت. لكن تقابل كل هذه الإيجابيات صعوبة نقل الخبرة البشرية بحذافيرها إلى الحاسوب، أضف إلى ذلك أن في كثير من الأحيان يتخذ الخبير البشري قراراً صائباً دون أن يستطيع تفسير الدوافع، ولا يمكنه أن يضع لكل قراراته قوانين سهلة وهنا تكمن الصعوبة.

الإنسان الآلي: "الروبوت"

إن مصطلح الإنسان الآلي أو الروبوت معروف و شائع عند الجميع. وحتى الأطفال اليوم يعرفونه من خلال عدد كبير من ألعابهم وبرامج الصور المتحركة وغيرها من برامج الأطفال. أما علمياً، فيُعرَّف الروبوت على أنه "كل عامل اصطناعي نشيط يكون محيطه العالم الطبيعي". وهذا هو التعريف الدقيق للروبوتات الحقيقية والتي تتمتع باستقلالية الحركة والقرار.

ورغم أن عدداً من الروبوتات العاملة وقع اختراعها منذ القرن الثامن عشر إلا أن الروبوت الحديث والذي يعمل تحت تحكم الحاسب الآلي لم يبدأ اختراعه قبل سنة ١٩٤٨م. ومنذ ذلك الوقت، توالت اختراعات متنوعة وكثيرة للروبوت. وغزت هذه الاختراعات مجالات عديدة أهمها المجال

الصناعي وخاصة صناعة السيارات ثم بعد ذلك توالت التطبيقات في ميادين عديدة أخرى كالخدمات وغيرها.

وللروبوت تركيبة معقدة تحتاج إلى نظام تحكم لا يقل تعقيداً، مما جعل الروبوت يستعمل تقريباً كل فروع الذكاء الاصطناعي ضمن جهاز التحكم. ويرجع هذا إلى محدودية قدرة أنظمة التحكم الكلاسيكية في التعامل مع التركيبة المتداخلة للروبوت. وقد وُلدت في الواقع بعض فروع الذكاء الاصطناعي بسبب احتياجات ملحة في ميدان التحكم في الروبوت ثم بعد ذلك أصبحت مستقلة. وبالتالي أصبح مجال الذكاء الاصطناعي مرتبطاً ارتباطاً وثيقاً بمجال الروبوت. وعلى الرغم من أن الروبوت في حد ذاته لا يندرج ضمن ميادين الذكاء الاصطناعي إلا أنه لا يمكن للروبوت أن يوجد بمعزل عن الذكاء الاصطناعي وهذا هو السبب الرئيس في إدراج الروبوت كجزء من هذا الكتاب.

وتمهيداً لطرح جوانب الذكاء الاصطناعي وفروعه المختلفة للمناقشة في الفصول التالية من هذا الكتاب، نُقدم في الفصل التالي عرضاً لتاريخ الذكاء الاصطناعي وتطوره عبر السنين.

الفصل الثاني
تاريخ الذكاء الاصطناعي

ترجع فكرة الذكاء الاصطناعي إلى العصور القديمة. فقد اهتم العديد من الفلاسفة بمفهوم الذكاء منذ أكثر من ٢٠٠٠ سنة. وحاول هؤلاء دراسة عدد من الموضوعات التي تتعلق بهذا المفهوم كالنظر، والتعلم، والذاكرة، والعقلانية وتساءل بعضهم عن إمكانية "خلق" هذه الأشياء. ومنذ أمد طويل اهتم الإنسان بفكرة صنع آلات ذكية تقلد تصرف البشر. ويقدم لنا تاريخ الإغريق والمصريين القدامى دلائلاً على هذه الفكرة القديمة وشغف الإنسان منذ القدم بمعرفة ماهية وطبيعة الذكاء وإمكانية "صنعه". وتزخر أساطيرهم بهذا الفلكلور العجيب الذي أفرزه الخيال البشري منذ أمد بعيد.

ومع تطور العلوم تطور حلم الإنسان في هذا المجال، وفي القرن السادس عشر، وبعد اختراع آلة الساعة، صنع نفس المخترعين أول حيوان ميكانيكي متحرك تبعه كم هائل من هذه الآلات المتحركة مما دعا عدد من المتطرفين في بريطانيا إلى تحطيم كل الآلات. ودامت الهجمة على هذه الاختراعات من سنة ١٨١١م إلى سنة ١٨١٦م. لقد تسبب هذا الهجوم العنيف في دفع العلماء على التركيز على الموضوعات النظرية. وفي سنة ١٨٥٤م وضع جورج بول النظرية الموحدة في علم المنطق والتي دونها في كتابه "قوانين التفكير" وهذه النظرية تُعرف اليوم بالجبر البولاني والتي انبثق منها المنطق الثنائي المعروف والذي يعتبر ركيزة علم الحاسوب إلى يومنا هذا. وفي سنة ١٨٧٣م أصدر العالم البريطاني الكسندر باين كتابه "العقل والجسم: نظريات الترابط بينهما".

في هذا العمل تحدث "باين" عن الذاكرة وعن الشبكات العصبية ووضع أساس علم الشبكات العصبية الاصطناعية. وبعد جورج بول والكسندر باين جاء راشفسكي سنة ١٩٣٨م ليستفيد من سابقيه ويضع ما يسمى بالمنطق العصبي. وفكرة هذه النظرية يمكن تلخيصها في أنه بالإمكان نمذجة الدماغ

باستعمال المنطق الثنائي الذي وضعه "بول".

رغم كل هذه الأبحاث وعبر كل هذه الفترة الزمنية الطويلة وقوفاً عند سنة ١٩٤٠م لم يتوصل الإنسان لبلوغ الهدف ألا وهو الآلات الذكية والسبب ببساطة هو أن الذكاء الاصطناعي له ركيزتان: الأولى هي مفهوم الذكاء والثانية هي الأداة أو الآلة التي ستكتسب الذكاء وبالتالي رغم النظريات الكثيرة في علم المنطق ونمذجة الدماغ وغيرها، مازال هذا العلم (أو الحلم) ينقصه أداة قوية قادرة على دفع وتفعيل هذه النظريات. ولم يدم الانتظار طويلاً فقد جاءت سنة ١٩٤١م لتحمل معها أكبر اختراعات القرن على الإطلاق وهو الحاسوب وبه دخل العالم والعلم والذكاء الاصطناعي مرحلة جديدة حافلة بتطورات سريعة ومذهلة.

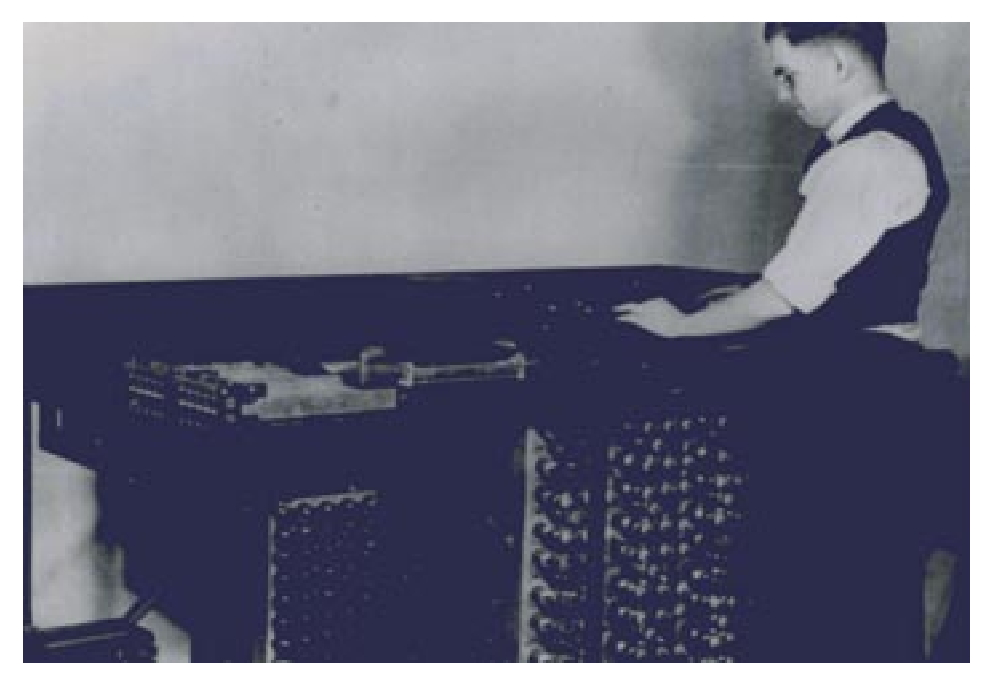
١ – ٢ فترة الأربعينات وظهور الحاسوب

كالعديد من التطورات التقنية، جاء الحاسوب كنتيجة لمجهودات حثيثة في الميدان العسكري. ففي بداية الأربعينيات ميلادية كانت ألمانيا والولايات المتحدة الأمريكية تتسابقان لتطوير حاسوب إلكتروني ليستخدم في فك شفرات العدو ويساعد في الحسابات المعقدة المتعلقة بالقذائف الصاروخية. لكنهما لم يتوصلا إلى بلوغ الهدف إلا بعد نهاية الحرب، وجاءت سنة ١٩٤١م لتحمل معها اختراع أول حاسوب إلكتروني وتعلن عن بداية ثورة معلوماتية هائلة. وقد توصلت ألمانيا والولايات المتحدة الأمريكية لهذا الاختراع في نفس الوقت. فمن الجانب الأمريكي توصل فريق آلن تيُورنق إلى تطوير حاسوب خصيصاً لفك شفرة الرسائل العسكرية الألمانية وأطلق على هذا الحاسوب إسم هيث روبنسن. أما من الجانب الألماني، فقد تمكن كونراد زوسي من تطوير حاسوب قابل للبرمجة أطلق عليه اسم Z-3 (شكل ١ – ٢) وفي سنة ١٩٤٢م تمكن الأمريكيون من خلال جون أتاناسوف وطلابه من تطوير حاسوب الكتروني آخر سمي ABC (شكل ٢–٢).



شكل١ – ٢ الحاسوب الالماني المطور سنة ١٩٤١م

المصدر: www. irb.cs.tu-berlin.de/~zuse/Konrad_Zuse/imgkbl/



شكل ٢ – ٢ الحاسوب الامريكي المطور سنة ١٩٤٢م

المصدر: www.geocities.com/itpic45/ABC_computer.jpg

وقد كانت هذه الحواسيب كبيرة الحجم وتحتاج لعدد من الغرف وبرمجتها غاية في التعقيد، إلا أنها أبهرت العالم في ذلك العهد بسرعتها الفائقة في الحساب وأطلق عليها اسم "العقول الإلكترونية الفائقة" مما دعا العديد من الأوساط في ذلك الوقت إلى وصفها بأنها "أسرع من إينشتاين".

لكن الاختراق العلمي الحقيقي كان سنة ١٩٥٢م عندما طور ناثنيال روتشستر وفريقه حاسوب IBM 701 (شكل ٢,٣) وكان هذا أول حاسوب يدر أرباحاً مالية. ومنذ تلك الفترة انطلقت شركة IBM لتصبح إحدى أكبر شركات العالم في ميدان الحاسوب. ووصلت مبيعاتها اليوم إلى ١٥٠ بليون دولار سنوياً. وازدهرت صناعة الحواسيب إلى درجة أنها تكوّن حالياً ١٠٪ من الدخل القومي الأمريكي.

ومع أن اختراع الحاسوب قد أعطى دفعة قوية لكل المجالات العلمية والهندسية إلا أنه كان أكثر تأثيراً في ميدان الذكاء الاصطناعي الذي انتظر مئات السنين أداة لدفع النظريات الكثيرة في هذا الميدان وتفعيلها منذ العصور القديمة. وجاء هذا الاختراع المذهل ليضع الذكاء الاصطناعي على عتبة حقبة جديدة تبدو فيها الإمكانات الجديدة غير محدودة.

وفي الفترة التي كان فيها الحاسوب تحت التطوير، لم يتوقف البحث في ميدان الذكاء الاصطناعي، ففي سنة ١٩٤٣م تقدم الباحثان وورن مكلوك وولتر بيتس بنموذج لأعصاب اصطناعية وقد اعتمدا في تطوير هذا النموذج على ثلاث ركائز هي:

- أساسيات الفسيولوجية ووظائف الأعصاب في الدماغ.
- التحليل الشكلي لمنطق الفرضيات.
- نظريات تيورنق للحساب.

وبرهن الباحثان على أن هذا النموذج قادر مثلاً على إيجاد قيمة عدد كبير من الدالات عن طريق شبكة من الأعصاب المترابطة. كما

أنه بالإمكان تنفيذ أي ترابط منطقي بشبكات بسيطة من هذا النوع. ويعتبر هذا العمل الأساس الفعلي لما يعرف اليوم بالشبكات العصبية الاصطناعية. وفي سنة ١٩٤٩م جاء دونالد هاب بقانون بسيط لتغيير الروابط بين الأعصاب الاصطناعية حتى تكون لها القدرة على التعلم.



شكل ٢ – ٢ الحاسوب الامريكي المطور سنة ١٩٥٢م
المصدر: http://www.columbia.edu/acis/history/701.jpg

٢ – ٢ الخمسينات وولادة مصطلح الذكاء الاصطناعي

في بداية الخمسينات وتحديداً سنة ١٩٥١م تمكن طالب دكتوراه في قسم الرياضيات بجامعة برنستن الأمريكية يدعى مارفن منسكي من تنفيذ أول حاسوب يستعمل الشبكات العصبية الاصطناعية وأطلق عليه اسم SNARK.وقد استخدم هذا الحاسوب ٣٠٠٠ صمام إلكتروني مفرغ من الهواء وجهاز طيار آلي فائض من قاذفة القنابل B-24 فقط لمحاكاة ٤٠ عصباً.

وفي نفس الفترة أتى نوربيرت وينر بقانون التغذية الخلفية المعروفة الآن في ميدان التحكم الآلي، وتعتمد عليها تقريباً كل الأجهزة

الكهربائية المستعملة في الحياة اليومية. ومن خلال هذه النظرية استنتج نوربيرت وينر أن دوائر التغذية الخلفية هي السبب في كل السلوكيات الذكية.

وجاء صيف سنة ١٩٥٦م الذي نظم فيه جون ماكارثي مؤتمراً امتد شهراً كاملاً بمعهد دارتماوث دعا إليه عدداً من الباحثين في ميدان الذكاء والشبكات العصبية وكان عددهم عشرة، وكانوا من أبرز الأسماء في ذلك الوقت. وكان هدف جون ماكارثي هو تبادل الآراء وتأسيس ميدان جديد للبحث أطلق عليه ولأول مرة اسم الذكاء الاصطناعي (ولم يكن هذا المصطلح موجوداً قبل صيف ١٩٥٦م). ومن ذلك الوقت ومعهد دارتماوث يعتبر مولد الذكاء الاصطناعي وصيف ١٩٥٦م هو يوم الميلاد وجون ماكارثي الوالد، كما اتفق على تسميته.

وشهدت سنة ١٩٥٨م أحداثاً مهمة أولها كان اختراع جون ماكارثي للغة البرمجة المسماة بـ LISP والتي مازالت إلى حد الآن من أهم لغات البرمجة في الذكاء الاصطناعي رغم مرور ما يقارب نصف قرن على ابتكارها. إضافة إلى لغة LISP، تمكن جون ماكارثي (وكان في جامعة MIT آنذاك) من اختراع نظرية المشاركة الزمنية والتي أغراه نجاحها بتأسيس شركة DEC لتصبح ثاني أكبر شركة حواسيب في العالم. وفي نفس السنة، نشر ماكارثي ورقة علمية تتحدث عن كيفية جعل برامج الحاسوب أكثر ذكاءاً وأغلب ما جاء في تلك الورقة مازال صالحاً إلى يومنا هذا.

لم تكن سنة ١٩٥٨م سنة ماكارثي وحده (رغم أنه نال نصيب الأسد) فقد شهدت نظريات الشبكات العصبية الاصطناعية قفزة مهمة على يد فرانك روزنبلات باختراعه لشبكة البرسبترون أو "المدرك" والتي جعلت الشبكات العصبية الاصطناعية تلاقي قبولاً أكبر في الأوساط العلمية لسهولة التعامل معها.

٢-٣ الستينات ومرحلة النضج

تواصلت الأبحاث في ميدان الذكاء الاصطناعي في هذه الفترة وبرزت العديد من التطويرات للنظريات السابقة وإضافة نظريات جديدة. ودخلت بعض المفاهيم إلى مرحلة التنفيذ. بداية الستينيات بالذات شهدت تطوراً كبيراً في نظرية الشبكات العصبية بتحسين طرق تدريب هذه الشبكات وسُميت هذه الشبكات القابلة للتدريب Adalines وحسّن روزنبلات اختراعه "المدرك". وشهدت سنة ١٩٦٥م ولادة منطق الغموض على يد لطفي زاده، والذي كان يؤمن بأهمية اللغة البشرية في تطوير آلات ذكية وسنرى لاحقاً مدى أهمية هذه الفكرة في العديد من المجالات الصناعية.

وحظى ميدان الذكاء الاصطناعي باعتمادات مالية كبيرة فقد أعطت الحكومة الأمريكية لجامعة MIT ٢,٢مليون دولار لدعم بحوث تخدم وزارة الدفاع. ودخل حيز التطبيق عدد من الأنظمة الذكية منها نظام ELIZA الذي يمكنه الدخول في حوار كلامي جاد مع الإنسان في أي موضوع وعدد من الأنظمة الذكية الأخرى التي تحل المعادلات الرياضية والمسائل الهندسية وحتى مسائل تتعلق بالتركيبات الجزيئية في علم الكيمياء.

وفي سنة ١٩٦٩م ظهر أول رجل آلي يجمع بين الحركة، والإدراك، والقدرة على حل بعض المسائل وكان يُسمى Shakey. وظهرت في هذه العشرية تطورات كثيرة أخرى في ميادين عديدة دلت على أن هذا الميدان دخل مرحلة النضج بعد أن كان يقتصر على عدد من الفرضيات والنظريات الحالمة.

٤ – ٢ السبعينات والتخصص

تواصلت البحوث في ميدان الذكاء الاصطناعي في السبعينات لكن ما يميز هذه الفترة هو بروز التخصصات الدقيقة. فنظراً لكثرة النظريات وتشعبها انقسم هذا المجال إلى مجالات متخصصة يركز كل واحد منها على نوع معين من الحلول لمسألة الذكاء. وكان من فوائد هذا التقسيم أن

تركزت الجهود في كل ميدان على حده مما ساعد في تقوية "العمود الفقري" لهذا المجال.

الشبكات العصبية

تطور هذا الميدان بشكل كبير خاصة بعد أن توصل الياباني كونيميكو فوكوشيما لتطوير أول شبكة متعددة الطبقات سنة ١٩٧٥م وكانت تسمى بالـ Cognitron وبذلك أصبحت الشبكات العصبية أكثر مرونة وأقدر بكثير على نمذجة الأنظمة المعقدة وبدأت بذلك تلفت الأنظار إليها بعد أن كانت هناك بعض الشكوك في مدى فعاليتها رغم أنها من أقدم النظريات. وجلب هذا التطور العديد من الباحثين لهذا الميدان الذين ساهموا بدورهم في دفعه إلى مراحل متقدمة جداً.

منطق الغموض

منذ أن نشر لطفي زاده نظريته في سنة ١٩٦٥م لم يلتفت الكثير لهذا المجال ولم يلق أي اهتمام، بل بالعكس، ووجه بكثير من التهكم واعتبر الكثير أن إسم المجال نفسه يدعو إلى التندر. رغم كل هذا، لم يتراجع لطفي زاده عن النظرية ونشر ورقة بحثية أخرى سنة ١٩٧٣م يقترح فيها إمكان تطبيق النظرية في مجال التحكم الآلي وفعلاً تمكن الباحثان ممداني والسليان من استعمال منطق الغموض في التحكم وبنجاح في محرك بخاري. كذلك تم تطبيق نفس الفكرة على معمل لصناعة الأسمنت. وبعد هذا النجاح تهافت الكثير على هذه النظرية معظمهم من اليابان ولم ينتبه الباحثون في أمريكا إلى أهميتها إلا لاحقاً بعد أن قطعت اليابان فيها أشواطاً كبيرة.

الأنظمة الخبيرة

تعتبر فترة السبعينات عصراً ذهبياً للأنظمة الخبيرة فقد حازت في السنوات السابقة على اهتمام كبير من الباحثين ودعم مهم من عدد من الشركات والحكومات. وظهرت في هذه الفترة لغة البرمجة

المسماة بـ PROLOG على يد آلان كولمروير في سنة ١٩٧٢م ومازالت إلى اليوم من أهم لغات البرمجة للأنظمة الخبيرة.

تلى ظهور هذه اللغة زخم هائل من الأنظمة الخبيرة منها الأنظمة الخبيرة للفحص الطبي (١٩٧٤م و ١٩٧٩م)، وأنظمة خبيرة لاكتشاف قواعد جديدة في علم الكيمياء وهي أول نتائج علمية يكتشفها الحاسوب وتنشر في مجلات علمية محكمة (١٩٧٥م)، وأول عربة يتحكم فيها حاسوب وتعبر بنجاح مساحة مليئة بالحواجز (١٩٧٩م)، وأنظمة أخرى عديدة لاقت نجاحاً لا يقل عما ذكرناه.

٥ – ٢ الثمانينات: الذكاء الاصطناعي يصبح صناعة

منذ بداية الثمانينات تسارع نسق البحث والتطوير في هذا الميدان فأصبحت الشبكات العصبية الاصطناعية شائعة وعمت جميع المجالات بعد أن نضجت فكرتها وفرضت نفسها بنجاحها في حل العديد من المسائل. وفي سنة ١٩٨٠م دخلت الخوارزميات الوراثية لأول مرة مرحلة التطبيق.

أما منطق الغموض الذي ولد في الولايات المتحدة فقد أفرز تطبيقات مذهلة في اليابان حيث صممت شركة Hitachi قطاراً لمنطقة سنداي يعمل آلياً بمنطق الغموض سنة ١٩٨٥م وجمع بين السرعة والسلامة والرفاهية. كما صنعت شركة Canon أول كاميرا فيديو ذات تركيز آلي باستعمال منطق الغموض. وصنعت كذلك شركة Matsushita غسالات ومكيفات ذكية. وشركة SONY أسهمت كذلك من خلال صناعة التلفاز الذكي. وحتى شركات السيارات مثل Subaru و Nissan تدافعت على منطق الغموض. وظهر كذلك أول مصعد كهربائي يستعمل منطق الغموض وكان من صناعة شركة Toshiba.

أما الأنظمة الخبيرة فقد لاقت نجاحاً مماثلاً خصوصاً في الولايات المتحدة. فبعد نجاح أنظمة خبيرة كانت تستعملها شركة DEC سنة ١٩٨٢م لتلقي طلبات الشراء من العملاء آلياً، والذي وصل سنة ١٩٨٦م

لأن يوفر للشركة قرابة ٤٠ مليون دولاراً سنوياً. وفي سنة ١٩٨٨م كانت الشركة تستعمل ٤٠ وحدة من الأنظمة الخبيرة في مجالات عديدة. وكانت شركة Dupont تستعمل ١٠٠ من هذه الأنظمة ولها ٥٠٠ تحت التطوير ووفرت هذه الأنظمة على الشركة قرابة ١٠ مليون دولاراً سنوياً.
وما كان لهذه النجاحات إلا أن تجعل الشركات المنافسة تتهافت على هذه التكنولوجيا الجديدة وانضمت إلى الركب شركة Texas Instruments و Xerox وغيرهما. وتوصلت قرابة ١٠٠ شركة لتطوير أنظمة رؤية للروبوت (الإنسان الآلي).

ولعل أكبر دليل على نجاح الذكاء الاصطناعي كصناعة في فترة الثمانينات هو أن المبيعات في هذا المجال قفزت من ٤٢٥ مليون دولار في سنة ١٩٨٦م إلى ٢ بليون دولار في سنة ١٩٨٨م.

٦ – ٢ الذكاء الاصطناعي والقرن الجديد

في العقد الأخير من القرن العشرين ومطلع القرن الحادي والعشرين، وبعد النجاحات غير المتوقعة حتى عند القريبين من الميدان اختار عدد كبير من العاملين في هذا المجال الرجوع إلى الوراء ومراجعة النظريات، طبعاً ليس لتغييرها بعد أن برهنت على فعاليتها ولكن لتقنينها ووضعها في إطارها الرياضي والعلمي الصحيح حتى تصبح بالفعل علماً صلباً. وجاء هذا بانقسام الميدان إلى قسمين : قسم نظري يبحث في القواعد الرياضية وأهم مراكزه الجامعات، وقسم تطبيقي يجسم هذه النظريات ويعمل على تطبيقها عملياً وأهم مراكزه الشركات والميدان الصناعي بصفة عامة. ويعتبر هذا الانقسام المحمود خطوة لابد منها إذا أردنا أن يسير الميدان في طريق صحيح. وبعد التشعبات الكثيرة لهذا العلم، الذي أصبح تقنية، أصبح لزاماً أن يهتم البعض بالجزء العلمي والبعض الآخر بالجزء التقني.

ولم يؤد هذا الانقسام إلى تراجع في النسق السريع لهذا المجال فقد تواصلت التطبيقات العلمية وظهر إلى الوجود عدد جديد منها وفي ميادين

عدة. فـفي سنة ١٩٩١م أعلنت الولايات المتحـدة أنهـا اسـتـعملت الذكـاء الاصطنـاعي في حـرب الخليـج في تعـبـئـة الطـائرات وتوقـيت وتـنسـيق العـمليات العـسكرية. كـمـا أن سـلاح المقـذوف التطوافي كان مـهـيئـاً بنظام الذكاء الاصطناعي.

وفي سنة ١٩٩٤م أصبح من الممكن في الولايات المتحدة حجز مقعد في الطائرة عبر الهاتف وبالتخاطب مع الحاسوب وتوفر هذه العملية مبالغاً كبيرة. ولم تقتصر هذه التطورات على الولايات المتحدة الأمريكية، ففي فرنسا مثلاً وفي سنة ١٩٩٤م وضعت شركة Citroen نظاماً ذكياً مجهزاً بكاميرا لمراقبة حركة السير. وبإمكان هذا النظام تسجيل الحوادث المرورية والاتصال آليا بالأسعاف.

ومـا دمنا نتحدث عن المرور، فقد طورت جامعة كارنيغي ميلون الأمريكية، كما ذكرنا في الفصل الأول، نظاماً يعمل بالشبكات العصبية الاصطناعية ومجهزاً بكاميرا وقد تمكن هذا النظام الذكي سنة ١٩٩٦م من قيادة سيارة وقطع بها تقريباً كامل المسافة التي تربط شرق أمريكا بغربها (قرابة ٢٨٠٠ ميل) وبسرعة ٦٣ ميل في الساعة.

ودخلت تطبيقات الذكاء الاصطناعي حتى الميدان الرياضي وميدان الترفيه، كما ذكرنا سابقاً، ففي سنة ١٩٩٧م انهزم قاري كاسباروف بطل العالم للشطرنج لمدة ١٢ سنة أمام الحاسوب المجهز بنظام ذكي يسمي Deep Blue وقد تابع هذه المباراة عدد كبير من الناس. وفي نفس السنة دارت أول بطولة رسمية لكرة القدم وكان اللاعبون روبوتات وضمت الدورة ٤٠ فريقاً وحضرها قرابة ٥٠٠٠ متفرج و يبين الشكل ٤ –٢ احدى الدورات الاخيرة لهذه البطولة.

وفي سنة ٢٠٠٠م تطور مجال الرجل الآلي وأصبح هذا الأخير يباع في بعض الأسـواق تحت مـسـمى اللعـبـة الذكيـة. وقـام رجل آلـي برحلة استكشـاف في المناطق المعزولة من إنتركتكا بحثـاً عـن عينـات من الحـجر

النيزكي. وأخيراً ها هي الطالبة سنثيا بريزيل من جامعة MIT تنهي رسالة الدكتوراه حول الآلات الاجتماعية وتقدم لنا الرجل الآلي صاحب الوجه المعبر عن "أحاسيسه" الداخلية، والبقية تأتي.



شكل ٤ – ٢ بطولة الروبوتات الرسمية لكرة القدم

المصدر: www.soi.wide.ad.jp/class/20040000/slides/04/index_5

الفصل الثالث
الشبكات العصبية الاصطناعية

يتسم الدماغ البشري بدرجة عالية من التعقيد. فهذه الكتلة الصغيرة، التي نحملها داخل رؤوسنا ليلاً نهاراً وغالباً ما ننسى وجودها، يعتبرها الكثير أشدّ الأشياء تعقيداً في هذا الكون فهي معقدة في كُنهها وفي تركيبتها وفي وظائفها. وما زال يشوب هذه الحلقات الثلاثة (الكُنه، والتركيبة، والوظائف)، وربما بهذا التدرج، كثير من الغموض.

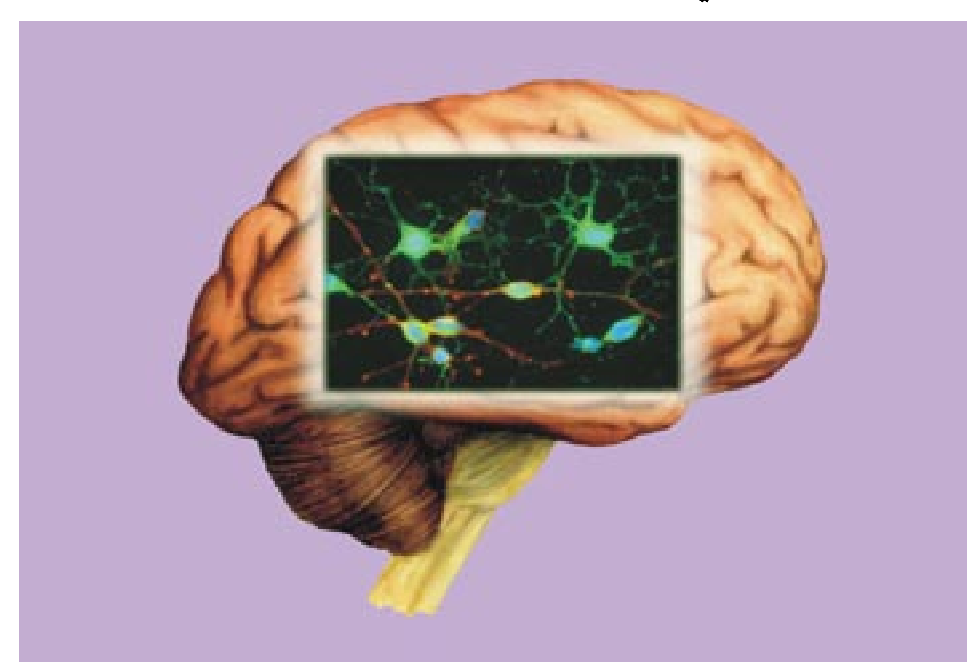
فأشدّ الحلقات غموضاً هي المتعلقة بالكُنه ولا مجال للشك في أن هذه الكتلة (الدماغ) نعمة كبيرة نحمد الله كثيراً عليها وجهلنا أو معرفتنا بكنهها لن يغير من هذه الحقيقة. أما تركيبتها، فقد توصل العلم لسبر بعض أغوارها والتعرف على عدد من مكوناتها ومازالت الأبحاث جارية في هذا المجال. أما أشدّ الحلقات وضوحاً هي المتعلقة بوظائف الدماغ فقد اتضح للإنسان ومنذُ زمن بعيد أن الدماغ هو مركز الجسم والمتحكم في كل وظائفه بدنية كانت أم نفسية. فقد انبهر الإنسان بوظائف الدماغ قبل أن يعرف كنهه ولا حتى تركيبته.

ومع تطور الحاسبات في الحقبات الأخيرة واتضاح بعض معالم مكونات الدماغ البشري أصبح لدى الكثير من الباحثين رغبة ملحة في "استعارة" مكونات الدماغ ومحاولة برمجتها في الحاسوب أملاً في الارتقاء به (الحاسوب) إلى درجة الذكاء. وبهذه المحاولات ظهرت إلى الوجود ما تُعرف الآن بالشبكات العصبية الاصطناعية. فالشبكات العصبية الاصطناعية، إذاً، هي عبارة على خلايا مترابطة (شبكة) تحاكي، وبشكل مبسط جداً، الخلايا العصبية عند الإنسان.

وقد أثبتت هذه الشبكات العصبية الاصطناعية (بأنواعها المتعددة) نجاعتها في الكثير من الميادين الهندسية والعلمية. وسيُحاول هذا الفصل تسليط الضوء على أهم المسائل المتعلقة بهذا الموضوع ومنها: مكونات الشبكات العصبية الاصطناعية وطريقة تصميمها وتدريبها.

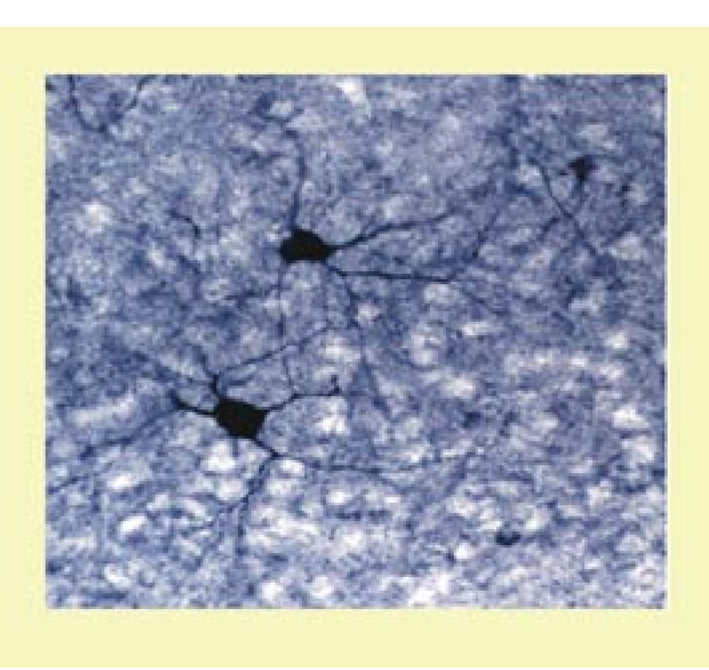
١ –٣ الخلية العصبية البشرية

لعله من المفيد، في دراسة الشبكات العصبية الاصطناعية، التطرق ولو بعجاله لمصدر استعارتها ألا وهي الخلايا البيولوجية لدماغ الإنسان (الشكل ٣–١ و الشكل ٣–٢). فهذه الخلايا الدماغية طالما أدهشت المتخصصين والمهتمين بهذا الميدان. ومن المفارقات التي تدعو لهذا الاندهاش أن سرعة الحاسوب تفوق سرعة الخلية العصبية بـ ١٠ مليار مرة ومع هذا، بإمكان الشخص العادي التعرف على وجه مألوف في عُشر من الثانية مستعملاً خلايا عصبية لا تزيد سرعتها على واحده من الألف مًن الثانية. فبتأمل هذه الأرقام نستنتج أن الحد الأقصى للخطوات التي تتبعها الخلايا لا تزيد عن ١٠٠ بأي حال من الأحوال.



شكل ١ – ٣ دماغ الانسان

المصدر: www.usuhs.mil/apg/Brain-Photo.jpg



شكل ٢ – ٣ الخلايا البيولوجية للدماغ

المصدر: www.uni-leipzig.de/~humanbio/Bilder/NO-Zellen.jpg

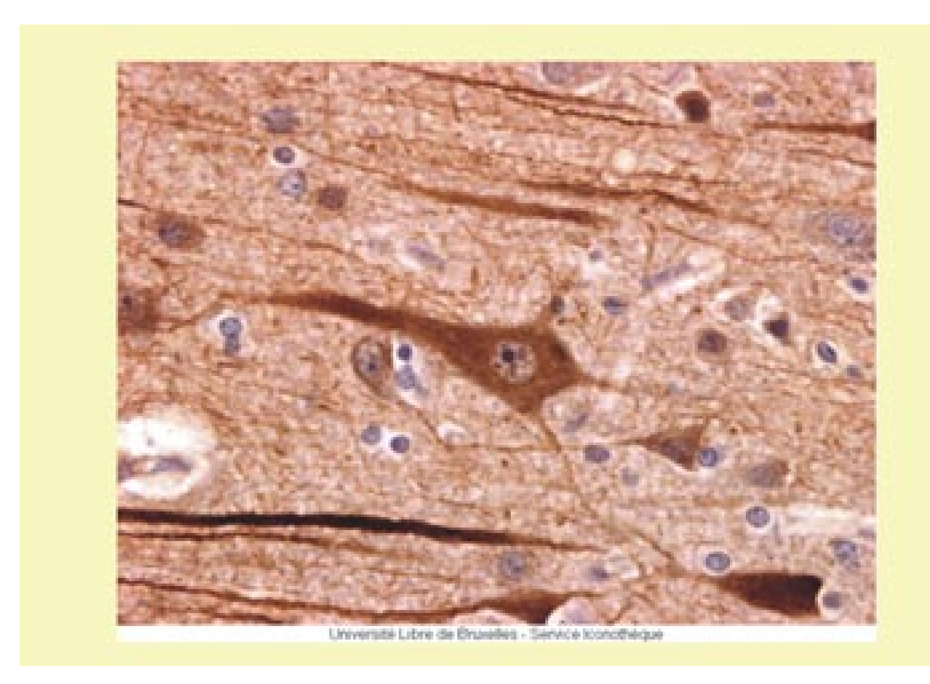
فكيف تتمكن خلايا بطيئة (مقارنة بالحاسوب) من الوصول إلى حلول بسرعة عالية ؟ لم يتوصل العلماء إلى تفسير مقنع ومنطقي سوى أن يكون سرّ قوة هذه الشبكات في طريقة معالجتها للبيانات. فهذه الخلايا العصبية تعالج بياناتها بالتوازي مما يكسبها سرعة فائقة.

لقد كانت هذه النتيجة كافية لإغراء الكثير من الباحثين بمحاولة " تقليد " الشبكات العصبية البشرية باستعمال الحاسوب. والمقصود بالتقليد هنا ليس النمذجه، وهذه مهمة صعبة نظراً لما يكتنف هذه الخلايا من غموض وتعقيد (رغم وجود الكثير من المختصين في هذا الميدان)، ولكن المقصود بالتقليد هنا هو تقليد طريقة معالجة البيانات واستعارة بعض مكونات هذه الخلايا وتبسيطها.

تتكون الخلية العصبية البشرية من أجزاء كثيرة. لكن التركيبة الشكلية لهذه الخلية لها ثلاثة مكونات: جسد الخلية، المحوار أو محور العصبة، والغُصنات، كما هو موضح في الشكل ٣ – ٣ والشكل ٤ – ٣

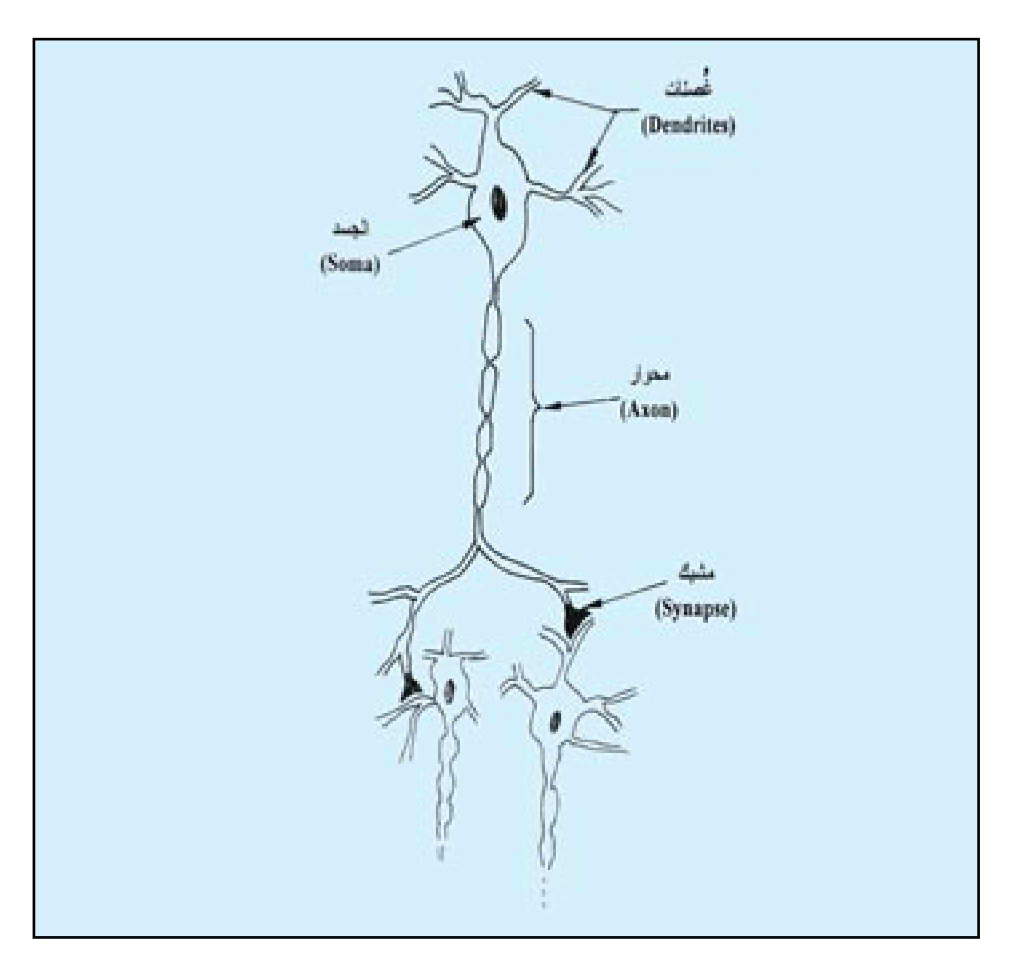
جسد الخلية

يضم جسد الخلية عدداً من المكونات أهمها النواة ويزيد قطر الجسد في العادة عن ٥٠ ميكرومتر. ويعتبر الجسد النقطة الأساسية في معالجة المعلومات.



شكل ٣ – ٣ الخلية العصبية

المصدر: http://bib18.ulb.ac.be/Histologie_Brion/image/



شكل ٤ – ٣ مكونات الخلية العصبية البشرية

المحوار:

يعتبر المحوار أداة النقل والتوصيل الأساسية في الخلية العصبية. وهو عبارة عن شكل أنبوبي يبدأ من الجزء السفلي للجسد. ورغم أن قطره لا يزيد عن ١٠ أو ٢٠ ميكرومتر إلا أن طوله يصل إلى المتر أحياناً.

الغصنات:

تتفرع الغصنات من جسد الخلية تماماً كما تتفرع الأغصان من الشجرة. وتترابط هذه الغصنات بمحوارات الخلايا الأخرى في نقاط مهمة تسمى المشابك (شكل ٥ – ٣). وتلعب هذه المشابك دوراً أساسياً في ربط الخلايا ببعضها عن طريق حركات تحريضية أو حركات مثبطة ونجد في الخلية الواحدة ما يقارب ١٠٠٠٠ مَشبك.

رغم أن المعلومات عن الخلايا العصبية غير مكتملة وما زلنا نجهل الكثير عنها، إلا أن القليل مما نعرفه كاف لإقناعنا بتعقيدها الشديد. فدماغ الإنسان العادي يحتوي على ألف مليار خلية عصبية. لكل واحدة منها ما يقارب ١٠٠٠٠ مشبك مع الخلايا الأخرى. فمجرد محاولة تخيل هذه الشبكة العجيبة ليس بالأمر السهل.



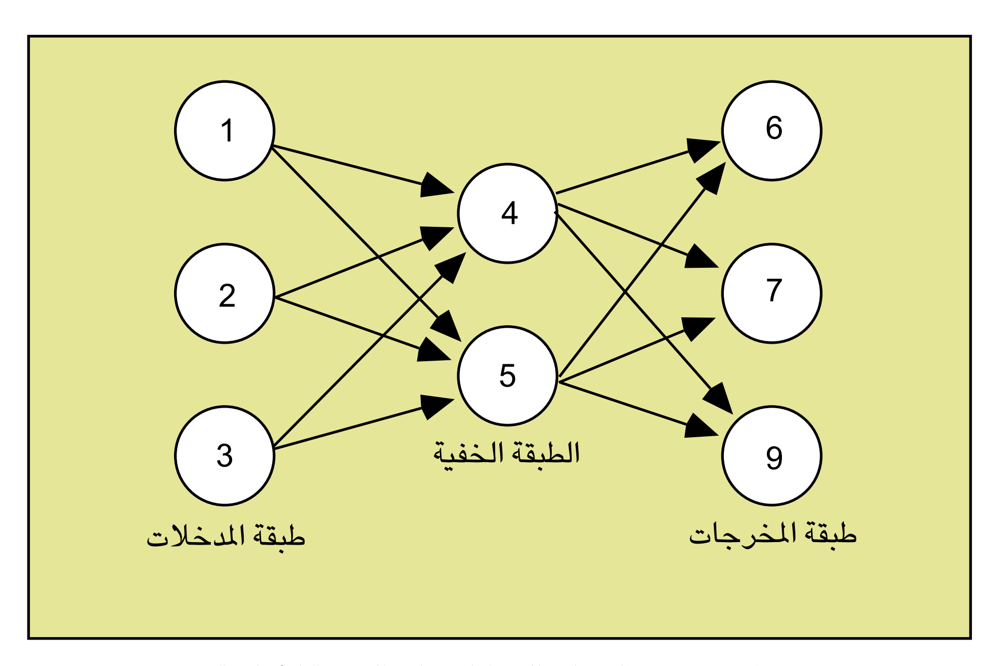
شكل ٥ – ٣ مشابك الخلية العصبية

المصدر: http://www.hybridmedicalanimation.com/media/

٢ – ٣ الخلية العصبية الاصطناعية

لم يكن التعقيد الذي تتسم به الخلايا العصبية البشرية مانعاً من الاستفادة منها في مجال الحاسوب. فقد اتضح أنه بالإمكان تبسيط مكونات الخلية والاكتفاء مبدئياً ببعض وظائفها واستعمال عدد صغير منها ومن ثمَ تمثيلها "رياضياً" للحصول على خلايا عصبية اصطناعية. لتفعيل هذه الفكرة تم اقتراح أنواع متعددة من هذه الشبكات، أهمها الشبكات العصبية ذات التغذية الخلفية والشبكات ذات التغذية الأمامية (شكل ٣,٦). وهذه الأخيرة هي أكثر الشبكات استعمالا. في هذه البنية يسمح للإشارة

بالتنقل فقط إلى الأمام من المدخلات إلى المخرجات – فمخرجات أي من الطبقات لا تؤثر إلاّ في الطبقة التي تليها كما لا يوجد أي ترابط بين خلايا الطبقة الواحدة.



شكل ٦ –٣ مثال على الشبكات ذات التغذية الأمامية

الشبكات التي تتبع نمط التغذية الأمامية تتكون من طبقة المدخلات وطبقة المخرجات وهما الطبقتان الوحيدتان اللتان لهما اتصال بالمحيط خارج الشبكة. إضافة إلى هاتين الطبقتين تضم الشبكة – على الأقل – طبقة خفية وسميت كذلك لأنها لا تتصل بالمحيط خارج الشبكة ومرتبطة فقط بالطبقة التي تسبقها والتي تليها وتتكون كل من هذه الطبقات الثلاثة من عدد من الخلايا العصبية والتي يرمز لها بدائرة للتبسيط كما هو موضح في الشكل ٦ – ٣ وتحمل الخطوط الموصلة بين الخلايا أوزانا تمثل قوة الربط بين كل خليتين متصلتين.

تمثل الطبقة الأولى من الشبكة المدخلات ولا يتم فيها أي تغيير للقيم المُدخلة. أما الطبقة الخفية فتكون القيم فيها ناتجة عن تأثير الأوزان على المدخلات إضافة إلى نتيجة معالجة الخلايا لهذه القيم. كذلك تكون القيم في

طبقة المخـرجات ناتجة عن تأثير الأوزان (بـين الطبقـة الخـفـيـة وطبقـة المخرجات) إضافة إلى المعالجة التي تقوم بها خلايا هذه الطبقة.

٣ – ٣ الشبكات العصبية المراقَبة

تسمى هذه الشبكات بالشبكات العصبية المراقَبة لأنها تحتاج أثناء عملية التدريب إلى مراقب ليبين لها المُخرج المطلوب لكل من المدخلات. ومع مقارنة المُخرج الفعلي مع المُخرج المطلوب تحاول الشبكات تحديث الأوزان لتصل في النهاية إلى النتيجة الصحيحة والتي لا تحتاج بعدها لا إلى التدريب ولا إلى هذا الإشراف الخارجي.

وتتم هذه العملية باستعمال العديد من الطرق والخوارزميات أهمها طريقة "انتشار الخطأ الارتدادي" والتي تبدأ بإيجاد الخطأ بين المخرج المطلوب والفعلي وترجع بهذا الخطأ ارتدادياً من الطبقة الأخيرة إلى الطبقات الخفية ثم أخيراً إلى طبقة المدخلات. وفي أثناء هذا الارتداد يتم تغيير الأوزان في الاتجاه الذي يدفع بالخطأ إلى النقصان ومن ثمّة في اتجاه الصفر. وتستعمل هذه الطريقة التدريبية مع الشبكات ذات التغذية الأمامية. وحتى لا يقع أي التباس نحتاج إلى توضيح أن وصف "التغذية الأمامية" يرجع إلى بنية الشبكة و "انتشار الخطأ الارتدادي" يرجع إلى طريقة التدريب التي تستعمل مع هذه الشبكة.

تعتبر عملية الانتشار الارتدادي (ويطلق عليها أيضاً مسمى "قانون الدلتا") في الأصل اشتقاقا من العملية المعروفة والمسماة "متوسط المربعات الأدنى". وبالتالي فهي تسعى لتقليل مربع الخطأ عند التدريب. وتتمتع عملية الانتشار الارتدادي بميزات عدّة أهمها ضمان الحدّ الأدنى لمتوسط مربع الخطأ، وقابليتها للتعامل مع البيانات المشوشة، وقدرتها على التعامل مع الأنظمة والدالات اللاخطية وغير القابلة للفصل الخطي. وتتكون هذه العملية من ست خطوات أساسية وهي:

- إعطاء أوزان عشوائية للترابط بين خلايا الشبكة.

- مدّ الشبكة بإحدى المدخلات المعدّة للتدريب.
- تطبيق عملية الانتشار الأمامي لتحديد مخرجات الشبكة.
- مقارنة المخرجات الفعلية مع المخرجات المطلوبة (الصحيحة) وتحديد قيمة الخطأ لكل مُخرج.

التراجع بالخطأ عبر الشبكة (من المخرجات، للطبقات الخفية، ثم للمدخلات)

- تصحيح الأوزان في الاتجاه الذي يضمن تصغير قيمة الخطأ ومن هنا جاءت تسمية الانتشار الارتدادي.

والجدير بالذكر أن صعوبة التدريب تكمن في تكرار العمليات أحياناً لآلاف

المرات ولهذا السبب تتم هذه العملية عادة باستعمال الحاسوب.

الفصل الرابع
منطـــق الغمـــوض

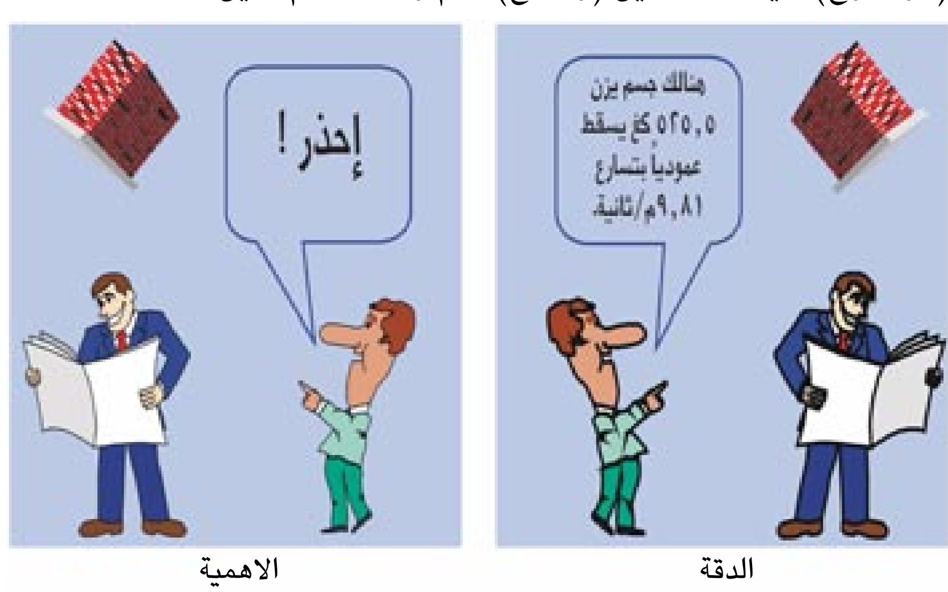
بعد أسابيع قليلة فقط من ولادته، تختفي الحركات غير الارادية عند المولود العادي وتحل محلها نعمة التفكير. وهذه النعمة - ومنذ السنوات أو حتى الشهور الأولى التي تلي الولادة – تعطي الإنسان قدرة كبيرة على التعامل مع محيطه. وفي رحلته عبر الحياة يمارس الإنسان أنشطة حياتية مختلفة التعقيد بسهولة. وإذا ما تمعنّا في هذه الحقيقة سنرى أن لكل منّا طرقاً سهلة للوصول إلى استنتاجات محددة وواضحة عادة ما تنطلق من معطيات منقوصة وغامضة وغير دقيقة.

ومن اللافت في هذا السياق أن الإنسان لا يمتلك قدرة كافية على التعامل مع كميات كبيرة من المعلومات العددية والمعطيات الدقيقة ورغم ذلك فإن له براعة مذهلة في اتخاذ قرارات معقدة. تماماً عكس جهاز الحاسوب والذي بإمكانه القيام بأكثر العمليات الحسابية تعقيداً وفي جزء من الثانية في حين يعجز تماماً أمام أبسط الأنشطة البشرية مالم يتم تمثيلها عددياً.

هذا التفوق الإنساني الواضح، وعجز الأنظمة العددية الفاضح دفعا بالدكتور لطفي زاده للبحث والوصول إلى نظرية منطق الغموض وظهر هذا المفهوم سنة ١٩٦٥م. ثم تطور بعد ذلك ليمس معظم الجوانب التكنولوجية الحديثة على أيدي اليابانيين الذين لم يترددوا في استخدامه لتطوير منتجاتهم وصناعاتهم. وأصبح من المألوف أن نرى في الأسواق مكيفات وكاميرات وغسالات وغيرها من الأجهزة تعمل بنظام منطق الغموض. فما هو منطق الغموض؟ وكيف يختلف عن المنطق الكلاسيكي؟ وكيف يعمل؟ وما هي تطبيقاته؟ أسئلة كثيرة سيحاول هذا الفصل الإجابة عنها ومن خلالها سنحاول عرض هذا النوع المهم من أنواع الذكاء

الاصطناعي.

جاءت نظرية منطق الغموض لتسد ثغرات كبيرة في المنطق الكلاسيكي المعروف. فالمنطق الكلاسيكي يعتمد على الأساليب الكمّية لتحليل الأنظمة أو إصدار القرارات. وهذا الأسلوب يتّسم بالدقة ويشترطها في الأنظمة التي يتعامل معها. وإذا ما كانت الدقة مطلوبة وممكنة عند التعامل مع الأنظمة أو القرارات البسيطة فإنها غير ممكنة وأحياناً غير مطلوبة عند التعامل مع المسائل المعقدة. فكلما زاد التعقيد (في مسألة مّا) كلما فقدت العبارات الدقيقة فائدتها وفقدت العبارات المفيدة دقتها. فالفرق بين منطق الغموض ومنطق الوضوح هو فرق فلسفي مهم يعتمد على جدلية الأهمية والدقة (الوضوح) فليس كل دقيق (واضح) مهم ولا كل مهم دقيق. فالمتأمل للشكل



شكل ١ – ٤ عندما تكون الدقة قاتلة والغموض رحمة

١ – ٤ المجاميع الغموضيه

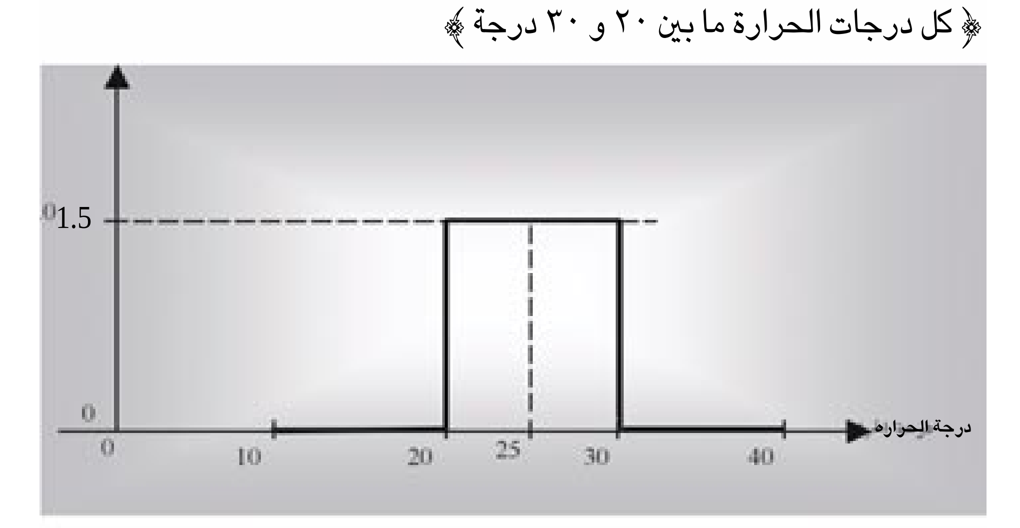
في المجاميع الكلاسكية، تُحدّد عضوية العناصر بشكل دقيق وواضح. فمثلاً، مجموعة الأرقام السالبة تضم وبدون شك أرقاماً مثل ٢–، ١٧–، $\frac{٢}{٣}$–، ... وتستبعد أرقاماً مثل ٢+،٧+، $\frac{١١١}{٣}$+، ... لكن، وفي أحيان كثيرة، تكون الأشياء

التي نتعامل معها في مجالات الحياة المختلفة غير قابلة لهذا التصنيف الدقيق. فكيف نعرّف مثلاً مجموعة "الأرقام التي تكبر الصفر بكثير" ؟، أو مجموعة "درجات الحرارة العالية" ؟، فرغم أن هذه الأنواع من المجاميع لا تنعم بتعريفات رياضية واضحة إلا أنها تلعب دوراً بالغ الأهمية في عملية التفكير البشري.

لتمثيل المتغيرات اللغوية والمجاميع غير الدقيقة، طرح د.لطفي زاده مفهوم المجموعة الغموضية. وتختلف المجموعة الغموضية عن المجموعة الكلاسيكية في أنها تسمح لعنصر مّا بالانتماء الجزئي. في حالة المجاميع الكلاسكية تكون درجة العضوية ثنائية القيمة (واحد في حالة الانتماء وصفر في غير ذلك). أما في حالة المجاميع الغموضية فبإمكان درجة العضوية أن تتخذ قيما بين الصفر والواحد وليس فقط الصفر والواحد.

لتوضيح هذا المفهوم الأساسي، لنأخذ مثلاً "درجة الطقس المعتدلة"، ولنفترض أن الدرجة المثالية هي ٢٥ مع قبول كل القيم التي تكون بين ٢٠ و ٣٠ درجة على أنها تمثل قيماً لدرجة حرارة طقس معتدل. في هذه الحالة تكون المجموعة بالمفهوم الكلاسيكي ممثلة كالتالي :

﴿كل درجات الحرارة ما بين ٢٠ و ٣٠ درجة﴾

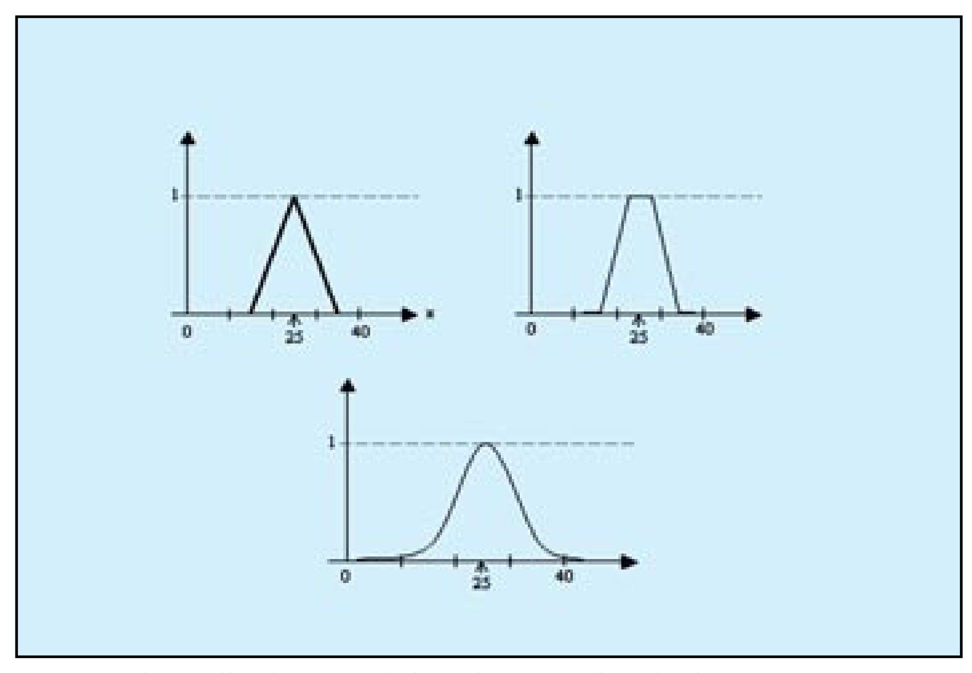


شكل ٢ – ٤ المجموعة الكلاسيكية

فكما يوضح الشكل ٢–٤، تنتمي كل الدرجات ما بين ٢٠ و ٣٠ لهذه

المجموعة كلّياً و تُستقصى كل القيم الأخرى بما فيها ١٩,٩ درجة و٣٠,١ درجة والتي تعتبر حسب هذا المفهوم الكلاسيكي غير معتدلة (وهنا يكون هذا المنطق غير منطقي). بمفهوم منطق الغموض يمكن تمثيل المجموعة على أنها : ﴿ درجات حرارة الطقس المعتدل ﴾

وبالتالي، وحسب ما هو موضح في الشكل ٣ – ٤ تكون درجة انتماء القيمة ٢٥ لهذه المجموعة واحد وتقل هذه الدرجة كلما ابتعدنا عن هذه القيمة. وكما هو ملاحظ من الشكل يمكن تمثيل هذه المجموعة الغموضية بأكثر من طريقة.



شكل ٣ – ٤ بعض المجاميع الغموضية المحتملة لتمثيل حرارة الطقس المعتدل

٤,٢ مفهوم المتغير اللغوي

في الرياضيات أو حتى في المنطق الكلاسيكي يكون المتغير عددياً (رقمياً) وبالتالي تكون قيمه كمّية. أمّا في منطق الغموض فإن المتغيرات تحمل قيماً على شكل كلمات أو جمل من اللغة الطبيعية مثل "حار"، "بارد"، "سريع"، "طويل"...الخ. وتكمن أهمية المتغير اللغوي في أن الإنسان نجح في تلخيص المعلومات الكثيرة وتحليل الأنظمة المعقدة

وإصـدار القرارات الصـعبـة عن طريق اسـتـعـمال اللغـة وليس بالالتـجـاء إلى المتغيرات الكَمّية والعددية. لتوضيح هذا المفهوم لنأخذ مثلاً الحرارة كمتغير لغوي. بإمكاننا عرض هذا المتغير على الشكل التالي:

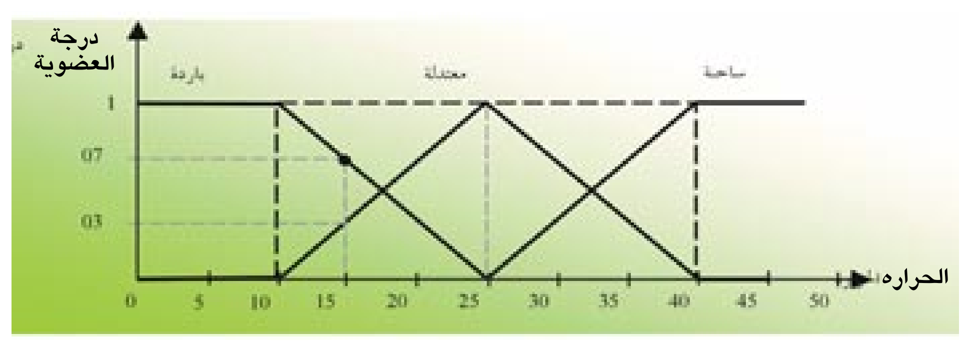
﴿ بارد جداً، بارد، معتدل، دافئ، حار، حار جداً،...﴾

ويتم تمثـيل كل قـيـمـة من هذه القـيـم اللغـوية عـن طريق مـجـمـوعـة غـمـوضـيـة (كـمـا سنرى لاحـقـاً). في هذا المثـال يمكن أن نخـتـار المجموعة الشاملة لتـضـم درجات حرارة من صـفر إلى ٦٠ درجة مئوية . وبذلك يمكن أن نستـعمل المتغيـر اللغوي " بارد " ليمثل درجـات حرارة أقل من ١٠ درجات و " معتدل " لدرجات الحرارة القريبة من ٢٥ وهكذا.

٣ – ٤ دالة العضوية

تُستـعمل دالة العضـوية لتحديد كيفيـة انتماء أي عنصـر من العناصر إلى المجاميع الغموضيـة. والشرط الأساسي لهـذه الدالة هو أن يكون مداها ما بين الصـفر والواحد. وليست هناك شروط صارمـة على شكل هذه الدالة ولكن أكـثـر الاشكال شـيـوعـاً هي المثلثـيـة، وشـبـة المنحـرفـة، والجرسية/الغاوسية. كما يمكن استعمال أي شكل آخر يفي بالغرض.

لتوضيح الترابط بين مفاهيم المجموعة الغموضـية ودالة العضوية والمتـغير اللغـوي، سنرجع لمثـال درجـات الحـرارة. لنخـتـر مـثـلاً فـقـط ثلاث دالات عـضـويـة ونسمـيـهـا "باردة"، و"معـتـدلة"، و"سـاخنة". مع مـلاحظة أنه بالإمكان اختيار أكثر من ثلاث دالات. يوضـح الشكل ٤ – ٤ هذا المثال.



شكل ٤ – ٤ ثلاث دالات عضـوية للحرارة

من خلال الشكل نلاحظ أنه إذا كانت درجة الحرارة ١٥ درجة مئوية فإنها تصنف على إنها باردة بدرجة عضوية ٠,٧ وفي نفس الوقت تصنف على أنها معتدلة بدرجة عضوية ٠,٣ وساخنة بدرجة عضوية صفر. وبذلك يكون الانتقال من مجموعة غموضية إلى أخرى انتقالاً سلساً ومقبولاً.

٤-٤ عملية الدّلالة

الدلاله الغموضية هي عبارة عن مجموعة من القوانين أو العبارات الشرطية المكونة من "إذا كان كذا، إذاً كذا". فالشطر الأول من القانون يمثل الشرط والشطر الثاني يمثل جواب الشرط أو الناتج. لنأخذ مثلاً القانون التالي:

إذا (كانت درجة الحرارة متوسطة)
و (درجة الرطوبة منخفضة)،
إذاً (يعتبر الطقس معتدلاً).

في هذا القانون البسيط هناك ثلاثة متغيرات غموضية. إثنان في شرط القانون وهما الحرارة والرطوبة والثالث في ناتج القانون وهو الطقس. كذلك هناك مجاميع غموضية لهذه المتغيرات وهي "متوسطة" ويرجع الوصف إلى درجة الحرارة، و "منخفضة" لوصف الرطوبة، و "معتدل" للحكم على حالة الطقس. من هنا، نرى أنه إذا كانت لنا قيماً محدّده لدرجة الحرارة ودرجة الرطوبة فسيحتاج قانون الدلالة إلى خطوتين لتحديد الناتج. في الخطوة الأولى يتم تقييم الشرط عن طريق تحديد مدى عضوية القيم المعطاه للمجاميع الغموضية المذكورة واستعمال العمليات المنطقية المعروفة (عملية التقاطع في هذه الحالة لوجود العطف "و" والذي يستوجب تقاطع جزئي الشرط في هذا القانون). أما في الخطوة الثانية فيتم تقييم الناتج. فإذا كان الشرط متوفراً بنسبة معينة، يكون القرار صحيحاً بنفس النسبة.

لنأخذ مـثـلاً أن درجـة الـحـرارة تـسـاوي ٣٠ درجـة مـئـوية ودرجـة الرطوبة ٤٠٪ ولنفترض أن درجة انتماء هذه الحرارة للمـجموعة الغموضية "مـتـوسطة" هـي ٠,٨ وأن درجـة انتمـاء الرطوبة لـلمجـموعـة الغموضـيـة "منخـفـضـة" هـي٠,٦ وبما أن الـ "و" تفيد التـقـاطع (على عكس الـ "أو" التي تفـيـد الاتحـاد)، فـإن تقـيـيم الشـرط في هذا القـانون مـتـوفـر بدرجـة عـضـوية ٠,٦ وبذلك تكون درجـة انـتـمـاء الطقس لـلمـجـمـوعـة الـغـمـوضـيـة "معتدل" كذلك ٠,٦

٤,٥ آلية الاستنتاج الغموضية

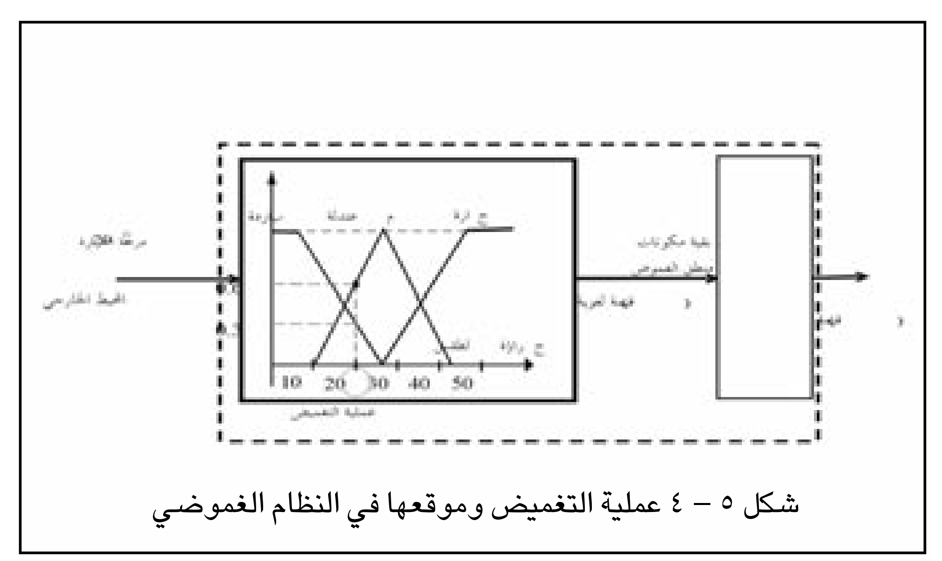
آليـة الاسـتـنـتـاج الـغـمـوضـيـة هي الـعـمليـة الكاملـة لاتـخـاذ القـرارات باسـتـعـمال منـطق الغموض. وتجـمــع هــذه العمـلية كل المكوِّنات التي تم طرحها إلى الآن. وقد طبقت هذه الآليــة بنجاح في عدد من الميادين كالتحكم الآلي، والرؤية الـحـاسوبية والأنـظمة الـخبـيرة، وتصنـيـف البيانات، وأنـظمة القوى، والاتصـالات، ومجالات علمية وهندسية كثيرة أخرى.

وحسب مـجالات التطبيق سمـيت هذه الآلية بأسماء مـختلفـة فاخـتلفت الأسمـاء والمُسـمى واحد. من هـذه المسـميـات الكثيـرة نذكر على سـبيل المـثال لا الحصر، قاعدة البـيانات الغموضية، النظام الـخبير الـغـموضـي، الذاكرة الترابطية الغمـوضية، الـنموذج الغمـوضـي، والنظام الغمـوضـي والمتحكم الغـموضـي. لكن على اختلاف مجالات التطبيق وتنوع المسميات فإن آلية الاسَتنتاج الغموضي تتكون من أربعة خطوات أساسية: التـغمـيـض، قاعـدة المعرفــة اتخــاذ القــرار وإزالة التغميض و فيما يلي توضيح لهذه الـخطوات الرئيسية.

عملية التغميض

تعتـبر عـملية التـغميض باب الـدخول لعالم الأنظمـة الغمـوضـيـة، فمن خلالـهـا يتم تحـويـل المتغيـرات من قيم عـددية إلى قيـم لغوية حـسب درجات انتمـائها للمجاميـع الغموضـيـة. ويُوضـح الشكل ٤,٥ هذه العمليـة من خلال مثال على درجات حرارة الطقس. فتدخل المتغيرات من المحيط الـخارجي إلى منطق الغموض على شكل أرقـام ثابتة مثل°١٥، °٦ ، °١٢ ،°٤٠... الخ، وتـخرج

بعد التغميض على شكل قيم لغوية مثل "باردة"، "معتدلة"، و"حارة" وبدرجات عضوية معينة. وبالتالي، يصبح من السهل التعامل مع هذه المتغيرات ووضع القوانين الملائمة. إضافة إلى ذلك، تفتح هذه العملية المجال للتعامل حتى مع المتغيرات غير الدقيقة والمعلومات غير الموضوعية.



شكل ٥ – ٤ عملية التغميض وموقعها في النظام الغموضي

قاعدة المعرفة

بعد اتمام عملية التغميض وتحديد درجة انتماء المتغيرات للمجاميع الغموضية، يأتي دور قاعدة المعرفة التي تحتوي على القوانين الغموضية من نوع "إذا كان كذا إذاً كذا". وقد يضم الشطر الأول من القانون أكثر من شرط واحد مثل:

إذا (كانت درجة الحرارة عالية و درجة الرطوبة معتدلة)
أو (كانت درجة الحرارة معتدلة ودرجة الرطوبة عالية)،
إذاً (الطقس غير مُريح).

وحسب مجال التطبيق يمكن أن تضم قاعدة المعرفة عدداً صغيراً من القوانين كما يمكن أن تضم المئات منها. ولا يقتصر دور قاعدة المعرفة على عملية تخزين القوانين فقط بل يتعداها إلى تحديد مدى توفر الشروط وذلك بتقييم الشطور الأولى من كل القوانين باستعمال عملية الدّلالة والتي بدورها تطبق كل العمليات المنطقية من اتحاد وتقاطع وتكمله.

اتخاذ القرار

يمكن أن نعتبر هذه الخطوة تقليداً للطريقة البشرية في اتخاذ القرارات وهي تعنى أساساً بالشطور الثانية من القوانين الغموضية. وهذه الخطوة رغم أهميتها تعتبر بسيطة جداً وتعتمد أساساً على القاعدة التالية:

إذا كان الشرط متوفراً بنسبة معينة

فجواب الشرط نافذ المفعول بنفس النسبة

فإذا رجعنا للقانون الغموضي السابق و الذي افترضنا ان شروطه متوفرة بنسبة ٠,٧، يمكننا أن نستخلص أن الطقس ينتمي للمجموعة الغموضية "غير مريح" بدرجة ٠,٧ أي أن الطقس أقرب لغير المريح من أي تصنيف آخر. على بساطة هذه الخطوة، سنرى لاحقاً مدى أهميتها في تطبيقات منطق الغموض.

إزالة التغميض

إذا كانت عملية التغميض بوابة الدخول لعالم منطق الغموض فإن عملية إزالة التغميض هي بوابة الخروج منه. فعن طريق هذه العملية يتم تحويل القيم اللغوية (الغموضية) إلى قيم عددية يسهل على الحاسوب والآلات بصفة عامة التعامل معها. لإتمام هذه الخطوة، هناك عدد من الطرق المختلفة لكن أكثرها شيوعاً هي الطريقة المسماة بـ "مركز المساحة" على غرار مركز الثقل. والمراد بالمساحة هنا هي مساحة القرارات المحتملة.

يمكننا كذلك استعمال المعدل المرجّح لإزالة التغميض. لتوضيح هذه الخطوة، لنفترض أنه تم تصميم نظام غموضي لتسعير بضاعة معينة حسب متغير العرض ومتغير الطلب. ولنفترض كذلك أن سعر البضاعة مقسم إلى ثلاث مجاميع غموضية وهي "رخيص"، "وسط"، و"غال" كما هو موضح في الشكل ٦–٤ بطبيعة الحال، ستكون لهذا النظام مجموعة من القوانين الغموضية التي تحدد السعر حسب العرض والطلب. فإذا أدخلنا قيمة العرض وقيمة الطلب سيتم تغميضهما ومن ثم إدخالهما

لقاعدة المعرفة لاتخاذ القرار ألا وهو سعر البضاعة في هذه الحالة.

في أغلب الاحيان يصل النظام الغموضي إلى أكثر من قرار، و بنسب مختلفة، كأن يكون سعر البضاعة مثلاً :

" وسط " بدرجة عضوية ٠,٦ و " عال " بدرجة عضوية ٠,٨

يأتي هنا دور عملية إزالة التغميض لإصدار السعر المحدد لهذه البضاعة. بما أننا افترضنا أن سعر البضاعة " وسط " بدرجة عضوية ٠,٦ و " عال " بدرجة عضوية ٠,٨، يمكن إذاً تحديد السعر، حسب قانون مركز المساحة، وكما هو موضح في الشكل ٤,٧ كالتالي :

شكل ٤,٦ ثلاث مجاميع غموضية لتحديد السعر

الاحتمال الأول للسعر = ١٦

الاحتمال الثاني للسعر = ٢٧

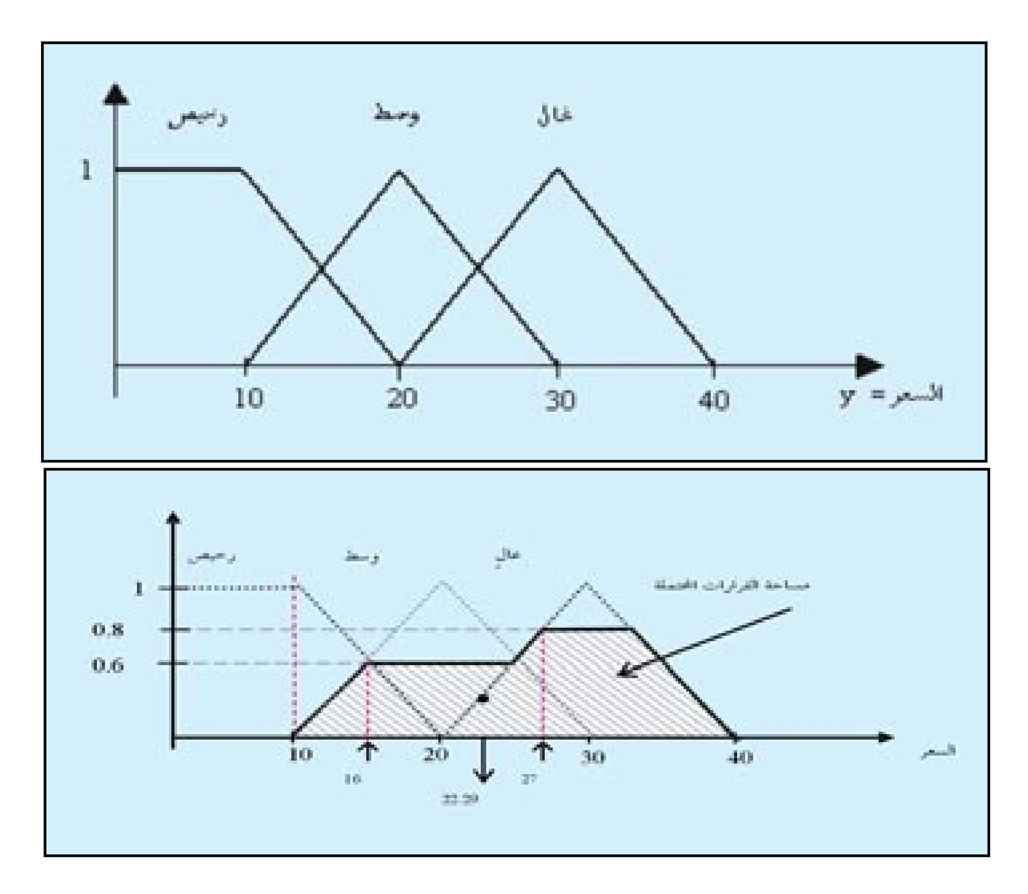
$$\text{السعر} = \frac{(٠,٦)(١٦)+(٠,٨)(٢٧)}{(٠,٦)+(٠,٨)}$$

$$= \frac{٩,٦+٢١,٦}{١,٤}$$

$$= ٢٢,٢٩$$

٦ – ٤ تطبيق نظام الغموض عملياً

قد يتبادر إلى الذهن أن تطبيق نظام الغموض يحتاج إلى حسابات كثيرة ووقت طويل إلا أن الواقع عكس ذلك تماماً. فتطبيق هذا النظام عملياً يتم عن طريق الحاسوب ويقتصر جهد المصمم عادة على اختيار المجاميع الغموضية ووضع القوانين، ثم يتكفل الحاسوب ببقية المجهود. وفي الفترة الأخيرة أصبح التصميم أكثر سهولة بتوفر العديد من البرمجيات التي تعنى بهذا المجال كبرنامج الماتلاب MATLAB مثلاً والذي يمكن من خلاله تصميم نظام غموضي في وقت قصير. إضافة إلى ذلك أصبح الآن بإمكان المهتمين اقتناء شرائح إلكترونية بأسعار زهيدة وتحميلها بنظام الغموض بعد تصميمه لتقوم بوظيفتها بشكل مستقل عن الحاسوب.



شكل ٧ – ٤ ثلاث مجاميع غموضية لتحديد السعر

الفصل الخامس
الأنظمة الخبيرة

لقد شهدت السنوات العشرون الأخيرة تطورات كبيرة في تطبيقات الأنظمة الخبيرة والتي تجاوزت حدود المؤسسات الأكاديمية لتغزو الميدان التجاري والصناعي. ووصل عدد هذه التطبيقات عشرات الآلاف لتدرّ عشرات البلايين من الدولارات. ففي الولايات المتحدة الأمريكية لوحدها وصلت عائدات الأنظمة الخبيرة ٦ بليون دولار سنة ١٩٩٥.فما هي الأنظمة الخبيرة ؟ وما هي مكوناتها؟ وكيف يتم تصميمها وبرمجتها- وكيف تختلف عن بقية فروع الذكاء الاصطناعي- وأسئلة خرى سنتناولها في هذا الفصل. لكن قبل ذلك نودّ أن نشير أنه لا يمكن بأي حال من الأحوال تغطية هذا الميدان بالذات في فصل واحد. فهو باختصار شديد ميدان صعب ومعقد. ويحتاج لتخصص إذا ما أراد الإنسان الإلمام به بشكل جيد. ولكن من خلال هذا الفصل سنسلط الضوء على الميدان بشكل عام ولن ندخل في التفاصيل إلا للضرورة. رغم ذلك، سنسعى لأن يعطي هذا الفصل فكرة كافية عن هذا الميدان الحيوي والمهم.

١ – ٥ تعريف الأنظمة الخبيرة

يتمثل النظام الخبير في برنامج حاسوبي يبدي، وضمن مجال محدد، درجة من الخبرة في حل المسائل. وتكون طريقة حل المسائل في هذا النظام متشابهة مع الطريقة التي يتوخاها الخبير البشري في المجال المحدد.والأنظمة الخبيرة مرتبطة ارتباطاً تاماً بالمجال الذي تعمل فيه بمعنى أنه إذا تم تطويرها لحل مسألة معينة فلا يمكن تطبيقها ولا حتى تغييرها لحل مسألة أخرى. فمثلاً، إذا تم تطوير نظام خبير لتشخيص مرض القلب مثلاً فإنه يصعب تعديله لتشخيص مرض آخر وربما يكون أسهل بكثير لو تم تطوير نظام آخرَ من نقطة الصفر. بالإضافة إلى ذلك، فإن تطوير الأنظمة الخبيرة يزداد تعقيداً كلما اتسعت رقعة مجال عملها. فالنظام

الخبير المصمم لتشخيص مرض واحد يكون أسهل من نظام مصمم لتشخيص عدة أمراض. ولتطوير أي نظام خبير نحتاج إلى خمس مراحل مهمة وهي:

تمثيل المعرفة : في هذه المرحلة، يحتاج المصمم لتحديد الطريقة التي سيمثل بها المعارف والقوانين التي تحكم مجال العمل. وهناك طرق عديدة بإمكان المصمم أن يختار منها، وأكثرها شيوعاً هي طريقة "مخزون القوانين" أو "قاعدة القوانين" وهي عبارة عن مجموعة من العبارات المنطقية المكونة من " إذا كان كذا... إذاً كذا".

اكتساب المعرفة: في هذه المرحلة يتم تجميع القوانين التي تحكم المجال الذي سيعمل فيه النظام الخبير. وعادة ما يكون مصدر هذه القوانين خبير بشري له إلمام شامل بميدان العمل ومعرفة عميقة بكل تفاصيله. فإذا كان مجال عمل النظام الخبير هو تشخيص مرض معين فمن الطبيعي أن يلتجئ المصمم إلى طبيب مختص لتجميع كل القوانين الضرورية للتشخيص.

محرّك الاستنتاج: بعد اكتساب وتمثيل المعرفة يحتاج المصمم إلى تحديد الطريقة التي يصل بها النظام الخبير إلى النتيجة على ضوء المعلومات المقدمة له. وهذه المرحلة هي أكثر المراحل صعوبة وذلك لتشعب القوانين واتساع قاعدتها في أغلب الأحيان. وأي قصور في محرك الاستنتاج ينقص من فعالية ودقة النظام الخبير.

الاختبار: في هذه المرحلة، يختبر المصمم النظام الخبير للتعرف على أدائه وذلك بإدخال بعض الحالات المدروسة بدقة والتثبت من صلاحية الاستنتاج.

التنفيذ: وتحتوي هذه المرحلة على كيفية وضع النظام الخبير في العمل، إضافة إلى منهجية المتابعة لأدائه وحتى الصيانة.

وغالباً ما تتم برمجة الأنظمة الخبيرة عن طريق لغات حاسوبية

خاصة غير التي تستعمل عند عامة المبرمجين ومن أهم هذه اللغات: Prolog، Lisp، و Clips. ولتسهيل عملية التطوير، سعت شركات متخصصة كثيرة إلى توفير برامج حاسوبية جاهزة تسمى قواقع لا تحتاج إلا لإدخال قاعدة القوانين. وتقوم هي بالباقي بما في ذلك محرك الاستنتاج. ورغم هذه التسهيلات، يحتاج المصمم إلى خلفية كبيرة في ميدان الأنظمة الخبيرة.

ورغم ما يكتنف هذا الميدان من تعقيد، يزداد الاهتمام به يوماً بعد يوم وذلك سعياً لنقل الخبرات الإنسانية وتخزينها في هذه الأنظمة. ولعل من أهم أسباب هذا السعي أن الخبير البشري معرض لبعض من المشاكل التالية:

- التقاعد أو ترك العمل وبالتالي افتقاد خبرته.
- لا يمكنه التواجد إلا في مكان واحد.
- تناقص المهارة بمرور الوقت أو المرض أو الاحتراق النفسي.
- صعوبة التعامل مع المعطيات الكثيرة.
- السهو أو الذهول أو الارتباك.

في الوقت نفسه، يمتاز النظام الخبير بالإيجابيات التالية:

- دائماً رهن الإشارة.
- دائماً متناسق الأداء.
- له اتصال مباشر وفوري بقاعدة البيانات والمعلومات.
- منطقي وغير عاطفي وغير متحيز.
- لا ينسى ولا يقوم بأخطاء حسابية.
- دائماً متيقظ وملمّ بكل ما يجري.
- يتخذ القرارات حسب الأهداف العامة وليس الأهداف الشخصية.
- يمكن استعماله في أماكن جغرافية مختلفة وفي نفس الوقت.

ورغم ما تمتلكه الأنظمة الخبيرة من إيجابيات، فإنها لا تخلو من سلبيات لعل أهمها:

- جهلها بالعوامل الحضارية وكثيراً ما تظهر بمظهر السذاجة عندما

يتعلق الأمر بهذه العوامل.

- ليس لها أي إدراك لحدود قدراتها.
- قد لا تكون لها نفس القدرات البشرية في الإبداع والعبقرية خصوصاً عند التعرض لمعطيات جديدة تماماً.
- تفتقد خصلة (ميزة) المرونة خصوصاً مقارنة بالخبير البشري.
- أحياناً ما تفتقد المصداقية الكافية فالإنسان يرتاح للقرارات البشرية أكثر من قرارات الحاسوب.

من خلال هذا كله يمكننا أن نستشف أن الأنظمة الخبيرة لا تعوض الخبير البشري ولكنها تساعده في اتخاذ القرار. كما أنها تسمح له بتركيز الاهتمام على أمور أخرى عند الحاجة لذلك. والأهم من ذلك هو أن الخبير البشري قادر على تطوير معلوماته ذاتياً في حين أن الأنظمة الخبيرة تحتاج لتطوير مستمر.

٢ – ٥ تمثيل المعرفة

أول المراحل التي يمر بها مصمم الأنظمة الخبيرة هي اختيار الطريقة التي سيمثل بها المعارف والمعلومات التي ستستعملها هذه الأنظمة للوصول للنتائج. وعند الاختيار، على المصمم أن يراعي الشروط التالية:

- أن توضع المعلومات على شكل يقبله الحاسوب ولا يجد صعوبة في التعامل معه.
- أن يحافظ شكل المعلومات على الحقائق ولا يحدث أي تغيير على المحتوى.
- أن تسمح طريقة التمثيل بتغيير وتطوير المعارف بسهولة.
- أن تكون المعارف والمعلومات موضوعة في صيغة بسيطة بحيث يسهل على المستعمل قراءتها وفهمها.

وفي الحقيقة، هناك عدد كبير من طرق التمثيل تستوفي كل هذه الشروط لكن أكثرها شيوعاً حتى في الأنظمة الخبيرة المتوفرة تجارياً هي طريقة "قاعدة القوانين" على غرار المثال التالي:

القانون (١) : إذا كانت (درجة الطالب ٦٠ من مائة أو أكثر) إذن (يعتبر الطالب ناجحاً).

القانون (٢) : إذا كانت (درجات الطالب أقل من ٦٠) إذن (يعتبر الطالب راسباً .

وهذه القوانين هي عبارة عن مجموعة من العبارات المنطقية المكونة من "إذا كان كذا... إذاً كذا..." فالشطر الأول من القانون يمثل الشرط والشطر الثاني يمثل جواب الشرط أو الناتج. بإمكان الشرط أن يكون مكوناً من مجموعة من العبارات المنطقية المترابطة إما بـ "و" أو بـ "أو" لكن جواب الشرط لا يمكن أن يحتوي على "أو". وهذه النوعية من القوانين تسمى قوانين متعددة الشروط أو متعددة الاستنتاج على غرار المثال التالي:

إذا كان (مجموع الطالب ممتازاً)

أو كان مجموعه جيد جداً) و (درجته في الرياضيات ممتازة)

إذاً يُقبل في كلية الهندسة) و (لا يُطالب بأخذ مواد إضافية)

وأي قانون من القوانين التي تحتويها قاعدة البيانات يكون على حالة من الحالات الأربع المكنة وهي:

حالة الطرح: وفي هذه الحالة يصرف النظر عن هذا القانون.

حالة النشاط : وفيها يكون القانون نشيطاً ومتحفزاً.

حالة التزنّد :(والتزنّد من الزناد) وفيها يكون القانون متأهباً للانطلاق.

حالة الانطلاق: وهي الحالة التي تصبح فيها نتيجة القانون سارية المفعول.

وتُحدّد حالة القوانين حسب القواعد التالية:

- إذا كان شرط القانون صحيحاً يكون القانون ككل في حالة "التزنّد".
- إذا كان شرط القانون غير صحيح يصبح القانون إما في حالة "عدم نشاط" أو حالة "طرح".
- لا يمكن للقانون أن يصل إلى حالة "الانطلاق" بدون المرور بحالة "التزند".

• إذا كان القانون في حالة "الانطلاق" يُصبح جواب الشرط (أو الناتج) ساري المفعول. ويفقد القانون بعد ذلك خاصية النشاط لينتقل إما لحالة "الطرح" أو حالة "عدم النشاط". أمّا إذا لم يكن القانون في حالة "الانطلاق" أو "الطرح" فإنه يكون حتماً في حالة "النشاط".

أحياناً قد تُصْدر القوانين أكثر من نتيجة مختلفة. في هذه الحالة يجب أن نعطي كل قانون قيمة معينة تُسمى بـ "عامل الثقة" تعكس مدى ثقتنا في القانون. وعند تضارب النتائج، تُفضّل نتائج القوانين التي لها قيم أكبر لعامل الثقة. أما إذا كانت النتائج غير متضاربة فلن يكون هناك داعي لاستعمال هذا العامل.

بعد صياغة القوانين وعند تخزينها في قاعدة البيانات يجب على المصمم أن يراعي عدداً من التوجيهات من أهمها:

- تجميع القوانين وذلك حتى يسهل تغييرها وتطويرها لاحقاً. وتُجمع القوانين حسب تشابه نتائجها.
- ترتيب مجاميع القوانين وتكون الأولوية في هذا الترتيب للقوانين التي تعطي النتيجة النهائية تليها بعد ذلك القوانين ذات النتائج الوسيطة أو الوسطية. و يمكن لمجموعة من القوانين أن تحتوي على مجموعات أصغر ذات نتائج متشابهة.
- يجب تفادي الاقتصاد في عدد القوانين لأن التبسيط في قاعدة القوانين قد يسبب ضعفاً في الأنظمة الخبيرة وهذا على عكس الطرق الأخرى للذكاء الاصطناعي والتي تزيدها البساطة فعالية أكبر.
- من المستحسن استعمال النعوت والصفات عوضاً عن الأرقام كأن تقول "وقت طويل" عوضا عن "وقت > ١٠٠ دقيقة".

بعد أن تعرضنا لكيفية تمثيل القوانين سنتطرق الآن لكيفية اكتساب القوانين والمعارف التي سننقلها للأنظمة الخبيرة. وهذه الخطوة هي فعلاً ما يمكن أن نعتبره "عنق الزجاجة" لما تستهلكه من وقت وجهد ولما يمكن أن تسببه من إزعاج للمصمم.

٣ – ٥ اكتساب المعرفة

في إطار الأنظمة الخبيرة تعتبر عملية اكتساب المعرفة فناً وعلماً في نفس الوقت. إضافة إلى ذلك تحتاج هذه العملية إلى خبرة كبيرة وإلمام عميق وشامل بطبيعة الميدان الذي ستعمل فيه الأنظمة الخبيرة بعد تصميمها. ويمكن للمصمم أن يكتسب المعارف المتعلقة بموضوع مّا عن طريق إحدى أو كلا الطريقتين التاليتين. في الطريقة الأولى تكتسب المعرفة عن طريق خبير بشري يمد المصمم بكل المعلومات التي يحتاجها. أما في الطريقة الثانية فيكون مصدر المعلومات مجرد البيانات التاريخية التي تكون مخزنة في الحاسوب أو حتى في السجلات وتعكس بعض الحقائق أو حتى القوانين المهمة في مجال معين.

اكتساب المعرفة عن طريق خبير المجال

يمكن لمصمم النظام الخبير أن يحاول اكتساب المعارف (التي سيخزنها في الحاسوب) عن طريق خبير بشري له دراية كبيرة بتفاصيل المجال الذي سيُستعمل فيه النظام الخبير بعد تصميمه. وهذا الخبير يسمى خبير المجال. ورغم أن هذه الطريقة تعتبر المسلك البديهي لتجميع المعارف الأساسية إلا أنها لا تخلو من عيوب كثيرة من أهمها:

- صعوبة العثور على خبير المجال في حالات كثيرة.
- بعض المجالات لا يوجد بها خبراء بالمعنى الصحيح مثل أسواق البورصة والأسهم.
- بعض الخبراء لا يفضلون الإدلاء بخبراتهم لأسباب شخصية أو مهنية
- بعض الخبراء ليست لديهم أية فكرة عن الآلية التي يستعملونها للوصول دائماً للقرارات الصائبة وبالتالي يصعب الاستفادة من خبراتهم.

إضافة إلى كل هذا فإن هذه الطريقة تحتاج إلى شخصين: أحدهما خبير في مجال العمل والثاني خبير في تطوير الأنظمة الخبيرة. وعلى هذين الشخصين أن يكونا على اتصال مكثف عن طريق جلسات عديدة

ومطولة حتى يتم نقل الخبرة البشرية إلى النظام الخبير. وهذه الشروط تزيد من التعقيد والصعوبات على عملية تطوير الأنظمة الخبيرة إضافة إلى ما تحتاجه من تكاليف مادية باهظة. ويمكن لشخص واحد أن يقوم بالتصميم في إحدى الحالتين التاليتين:-

أ) عندما يكون المصمم هو نفسه خبير المجال:

يدعي علماء النفس أن الإنسان يحتاج إلى أكثر من ٥٠ ألف معلومة في مجال دقيق حتى يصبح خبيراً في هذا المجال ويستغرق هذا الكسب للمعلومات عشر سنوات على الأقل. لكن الكثير من المجالات لا تحتاج إلى خبراء من أعلى مستوى. في هذه الحالة بإمكان مصمم النظام الخبير أن يجعل نفسه خبير المجال عن طريق القراءة أو التدريب أو غيره. وبالتالي تكون عملية التصميم أقل صعوبة وأقل تكلفة.

ب) عندما يكون خبير المجال هو نفسه مصمم النظام الخبير:

في الحالة السابقة قد يكتفي المصمم بمعلومات أساسية وسهلة الاكتساب عن مجال التطبيق وليست له حاجة للوصول إلى مستوى خبير المجال. لكن إذا أراد خبير المجال أن يكون هو نفسه مصمم النظام الخبير فسيحتاج إلى دراية واسعة ومعرفة عميقة بأنظمة الحاسوب والبرمجة وقوانين وعلم الأنظمة الخبيرة وهذا من الصعوبة بمكان. ولتحقيق ذلك يحتاج خبير المجال إلى وقت وجهد كبيرين إضافة إلى التكاليف الباهظة لكسب المهارات العلمية الضرورية.

بناءً على ما سبق نرى أن لكل طريقة سلبيات عديدة. وربما من المستحسن أن يتم تصميم الأنظمة الخبيرة عن طريق متخصص في هذه الأنظمة وبمساعدة خبير مجال له بعض الدراية بهندسة المعرفة.

اكتساب المعرفة عن طريق البيانات التاريخية

في كثير من الحالات وفي العديد من المجالات توجد قاعدة من

البيانات تخزّن معلومات تاريخية مهمة تعكس الكثير من الحقائق والقوانين تُغني عن خبير المجال. وإذا ما كانت هذه القاعدة تخدم المسألة المراد حلها، وإذا ما احتوت على أمثلة كثيرة من القرارات الصحيحة والسليمة التي تم اتخاذها في السابق، فإنه بالإمكان تحويلها إلى مجموعة من القوانين يمكن للأنظمة الخبيرة استعمالها لاتخاذ القرار.

لتوضيح كيفية اكتساب المعرفة، لنفترض أن عالمنا لا يحتوي إلا على أربع وسائل نقل مختلفة وهي:الدراجة العادية، و الدراجة النارية، و السيارة، والحافلة. قبل وضع القوانين التي ستحدد نوع وسيلة النقل علينا أن نضع الصفات المهمة ومنها: المحرك، و الطول، و العلوّ، و عدد العجلات، و السرعة، و الشكل، و اللون.

بعد ذلك، يجب إبعاد الصفات التي لا تخدم اتخاذ القرار كأن نستبعد السرعة لأن دراجة نارية في أقصى سرعتها تسبق سيارة تسير ببطء. كذلك بإمكاننا أن نستبعد الشكل لتنوعه وصعوبة تمثيله. يمكن كذلك استبعاد اللون لأنه لا يعكس بأي حال من الأحوال نوعية وسيلة النقل. لكن عند استبعاد بعض الصفات يجب أن نراعي شيئين مهمين : الأول هو أن لا تكون الصفات الباقية كثيرة جداً مما يضفي الكثير من التعقيد على القوانين. والثاني هو أن لا تكون الصفات قليلة جداً مما يحدّ من قدرة الأنظمة الخبيرة على التفريق واتخاذ القرار الصحيح. بعد حصر الصفات الأساسية يمكن تلخيصها وعرضها كما هو مبين في الجدول ١–٥

بعد سرد كل الصفات المتوفرة، يمكننا الآن رسم شجرة القرار. وتتكون هذه الشجرة من مجموعة من العُقد. وبما أننا نطمح إلى الوصول إلى مجموعة من القوانين على شكل "إذا كان كذا" "إذاً كذا" فإنه من المستحسن أن نستعمل عُقدة مربعة لترمز لـ "إذا كان كذا" وعُقدة مدورة لنرمز لـ "إذاً كذا". تعرض الأشكال من ١–٥ إلى ٣–٥ بعض أشجار القرار لهذا المثال.

جدول ١ – ٥ حوصلة الصفات الأساسية لبعض وسائل النقل

الصفة	نوع وسيلة النقل			
	دراجة عادية	دراجة نارية	سيارة	حافلة
وجود محرك	لا	نعم	نعم	نعم
الطول	قصيرة	قصيرة	وسط	طويلة
العلوّ	منخفضة	منخفضة	وسط	عالية
العجلات	٢	٢	٤	أكثر من ٤

نلاحظ أن الشكل ١ – ٥ لا يحتاج إلاّ إلى صفتين وهما الطول والمحرك وبذلك يمكن وضع القوانين التالية:

القانون ١: إذا كانت وسيلة النقل بدون محرك، إذن فهي دراجة عادية.

القانون ٢: إذا كانت وسيلة النقل بمحرك وكانت قصيرة، إذن فهي دراجة نارية

القانون ٣: إذا كانت وسيلة النقل بمحرك وكانت متوسطة الطول، إذن فهي سيارة.

القانون ٤: إذا كانت وسيلة النقل بمحرك وكانت طويلة، إذن فهي حافلة.

شجرة القرار الممثلة في الشكل ٢–٥ أيضاً مقبولة ولا تحتاج إلا لصفتين وهما العلو والمحرك وبذلك يمكن وضع القوانين التالية:

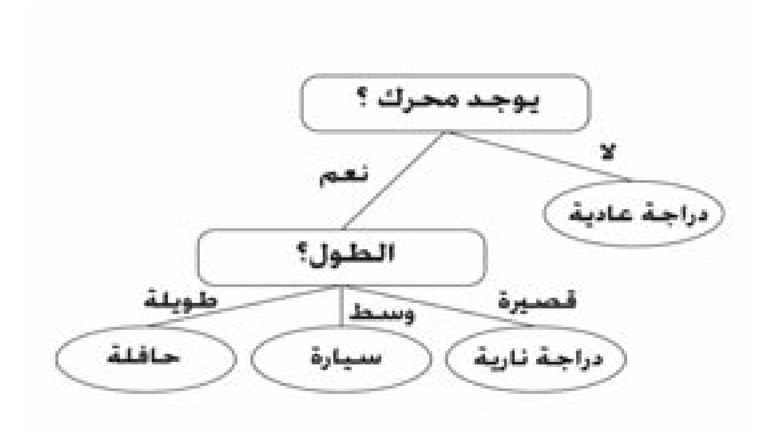
القانون ١ : إذا كانت وسيلة النقل منخفضة وبدون محرك، إذن فهي دراجة عادية.

القانون ٢ : إذا كانت وسيلة النقل منخفضة وبمحرك، إذن فهي دراجة نارية.

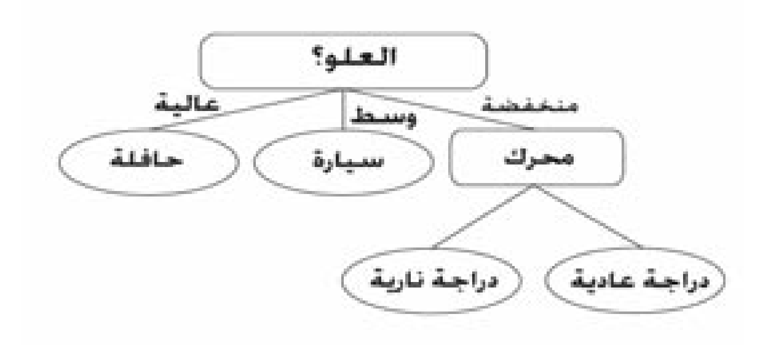
القانون ٣ : إذا كانت وسيلة النقل متوسطة العلو، إذن فهي سيارة.

القانون ٤ : إذا كانت وسيلة النقل عالية، إذن فهي حافلة.

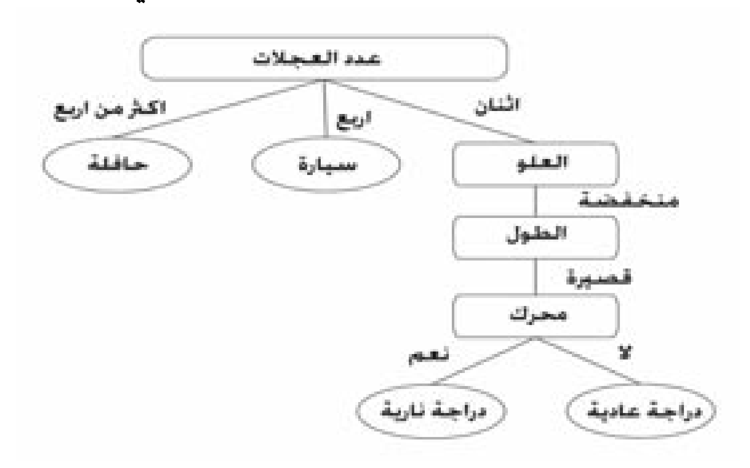
نلاحظ هنا رغم البساطة الشديدة لهذا المثال توجد العديد من أشجار القرار المختلفة ليست كلها مقبولة ويوضح الشكل ٣ – ٥ إحدى هذه الأشكال التي تستعمل عددا من الصفات التي قد تكون زائدة عن اللازم. ومن الجدير بالذكر هنا أن هناك عدداً من الحالات التي تكون فيها الزيادة أفضل من النقصان. فرغم أن الزيادة في عدد الصفات يجعل قاعدة القوانين في الأنظمة الخبيرة أكبر وأكثر تعقيداً مما يجعل مهمة تطويرها وتحسينها أكثر صعوبة إلا أنها أحيانا تعطي النظام مرونة أكثر. فمثلاً لو لم يتمكن المستعمل للنظام في المثال السابق من معرفة إذا كان هناك محرك أم لا (وهذا وارد إما بسبب المسافة أو غيرها) فلا يُمكن للقوانين المستوحاة من الشكل ١ – ٥ أن تصل إلى قرار في حين أن القوانين المستوحاة من الشكل ٢ – ٥ أو ٣ – ٥ يمكنهما على الأقل التعرف على السيارة والحافلة. وهذا طبعاً أفضل من لا شيء.



شكل ١ – ٥ شجرة قرار أولى للمثال الجاري



شكل٢ – ٥ شجرة قرار ثانية للمثال الجاري



شكل ٣ – ٥ شجرة قرار ثالثة للمثال الجاري

نظراً لبساطة المثال السابق تمكنا من وضع عدد من القوانين بطريقة يدوية. لكن في كثير من الأحيان وفي الأمثلة العملية يصل عدد القوانين إلى المئات وحتى الآلاف ويصبح من شبه المستحيل اكتساب المعرفة بهذه الطريقة. لذلك يحتاج المصمم إلى طرق أخرى لعل أهمها البرامج الحاسوبية المتوفرة والتي بإمكانها –وبطريقة آلية – توليد القوانين من قاعدة البيانات المتوفرة. من أهم هذه البرامج تلك التي تأتي مع القواقع مثل VP-Expert والذي تنتجه شركة Paperback Software الأمريكية أو قوقعة Xi Plus والتي تنتجها شركة Expertech Ltd البريطانية.

٤ – ٥ محرك الاستنتاج

بعد اكتساب المعرفة وتمثيلها على شكل قاعدة للقوانين تأتي المرحلة الثالثة وهي مرحلة محرك الاستنتاج. ومهمة هذا المحرك تبدأ باستقبال الحقائق والمعطيات التي يمده بها مستعمل النظام. ويقوم بمعاجلة هذه المعطيات عن طريق تمريرها بقاعدة القوانين وتنتهي مهمته بإصدار الاستنتاجات أو النصائح حسب الحاجة. ويعتبر محرك الاستنتاج من أهم مكونات الأنظمة الخبيرة وهو الفارق الأساسي بينها وبين ما يسمى بالبرمجة الخِبْرَوِيّة.

إضافةالى ذلك، فإن هذا المحرك هو الذي يحدد مدى فعالية النظام الخبير وهو المتحكم الأساسي في عملية الاستشارة. ويتم هذا التحكم عبر ثلاث مهمات رئيسة وهي:

- كيفية البدء بعملية الاستنتاج.
- تحديد القانون الذي يجب أن "يطلق" في حالة وجود أكثر من قانون في وضعية "التزنّد".
- تحديد الطريقة التي ستتم بها عملية البحث عن النتيجة (من ضمن طرق عديدة سنتطرق إليها لاحقا).

فكما أن قاعدة المعارف تضم قوانين وحقائق عن المجال فإن محرك الاستنتاج يضم قوانين وحقائق عن التحكم والبحث. ويجب أن تكون هاتان

القاعدتان منفصلتين تماماً وذلك للفوائد التالية:

- بإمكان المصمم تحديث قاعدة المعارف دون تغيير كبير على محرك الاستنتاج.
- بإمكان المصمم تغيير محرك الاستنتاج دون تأثير يذكر على قاعدة المعارف.
- يسمح هذا الانفصال باستخدام "القواقع" وتوفرها تجارياً.
- تسهّل القواقع عملية التصميم وتقلل من الحاجة لمهندس المعرفة.

وفي عملية الاستقصاء والبحث عن النتيجة، يستعمل محرك الاستنتاج واحدة من الاستراتيجيات الثلاث المتوفرة وهي: استراتيجية السَّلْسَلَة الأمامية، و استراتيجية السَّلْسَلَة الارتدادية، واستراتيجية السَّلْسَلَة بنسق مختلط.

تبدأ عملية الاستقصاء باستعمال السَّلْسَلَة الأمامية من المعطيات وتنتهي بالنتائج، على عكس السَّلْسَلَة الارتدادية التي تفترض النتيجة وتتأكد من صحتها بالرجوع إلى المعطيات. وتستعمل طريقة السَّلْسَلَة الأمامية عندما تحتوي المسألة على شروط أو فرضيات قليلة واستنتاجات كثيرة. تبدأ السَّلسَلَة الارتدادية بنتيجة مؤقتة أو مبدئية وترتد العملية في اتجاه شروط القوانين للتثبت إذا ما كانت النتيجة المفترضة صحيحة أم لا. وتكون هذه الطريقة ناجعة في المسائل التي لها عدد قليل من النتائج وعدد كبير من الشروط والفرضيات.

في حالات كثيرة (كمسائل التشخيص) تُدمج السلسلة الأمامية والسلسلة الارتدادية لتعطي نسقاً مختلطاً فعّالاً. وكثير من القواقع المتوفرة تجارياً تستعمل هذه الاستراتيجية القوية في عملية الاستقصاء. وتتطلب هذه الطريقة معرفة كاملة بقاعدة البيانات وحيثيات القوقعة المستعملة. إضافة إلى ذلك يجب أن تكون كل المعطيات المتعلقة بالمسألة المراد حلها متوفرة قبل بداية عملية الاستقصاء (خلافاً للطريقتين السابقتين).

ويختلف استعمال هذه الطريقة حسب طبيعة المسألة. ورغم أن هناك كثيراً من التحسينات والإضافات التي يمكن استعمالها إلا أن الشكلين الأساسيين لهذه الاستراتيجية هما:

- تُستعمل السلسلة الأمامية أولاً ولا يُلتجأ للسلسلة الارتدادية إلا عند الحاجة.
- تُستعمل السلسلة الارتدادية أولاً ولا يُلتجأ للسلسلة الأمامية إلا عند الحاجة.

ورغم فعالية هذه الطريقة أحياناً، إلا إنها ترتبط كثيراً بطبيعة المسألة وبخاصية قاعدة البيانات وقد تصعب برمجتها من طرف الذين ليس لهم إلمام كبير بهندسة المعارف والأنظمة الخبيرة. إلا أن استعمالها باستخدام القواقع المتوفرة تجارياً عادة ما يكون في المتناول.

الفصل السادس
الروبوت (الإنسان الآلي)

لقد سعى الإنسان إلى صنع آلات تتصف بالذكاء وتقدم أشواطاً كبيرة في هذا الاتجاه، هدفه الأساسي في هذا المجال كان ومازال تقليد العقل البشري ومحاولة الوصول إلى آلات ذكية تساوي أو تفوق الذكاء الإنساني. فميدان التحدي كان العقل أو الدماغ.

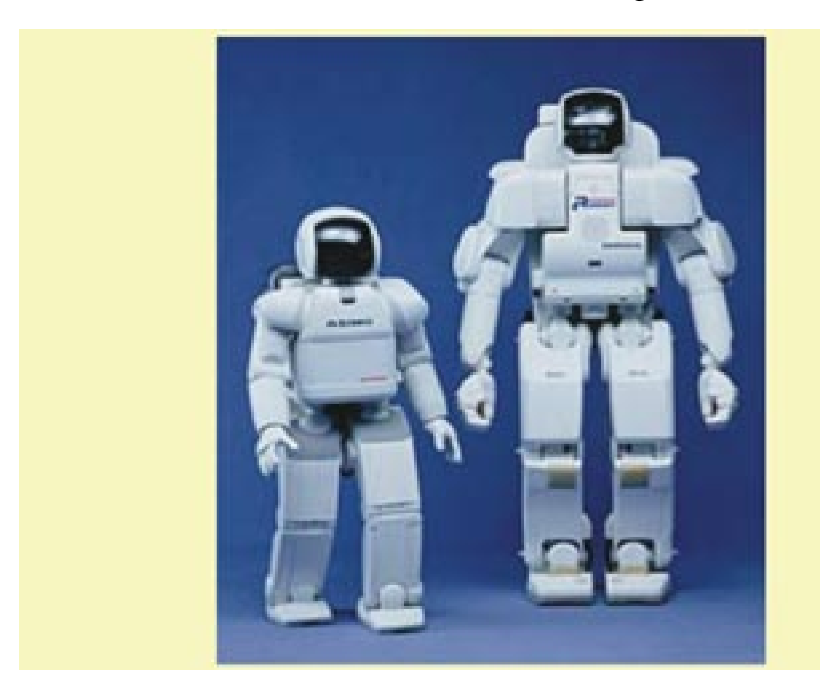
في نفس الوقت، كان العديد من الباحثين يسيرون في فرع آخر من الطريق ولم يكن هدفهم تقليد العقل ولكن تقليد جسم الإنسان. فعمل هؤلاء على دراسة التركيبة البيولوجية لجسم الإنسان ووظائف الأعضاء وميكانيكية الحركة والحواس ومن ثم تصنيعها والوصول إلى الإنسان الآلي (شكل ١ – ٦). فالإنسان الآلي أو الروبوت فكرة معروفة عند معظم الناس من خلال أفلام الخيال العلمي ووسائل الأعلام المقروءة والمسموعة والمرئية. فما هو التعريف العلمي للإنسان الآلي؟

يعرّفه المعهد الأمريكي للروبوت على أنه معالج متعدد الوظائف ومصمم لتحريك المواد والقطع والمعدات ويقوم بمهمات مختلفة بواسطة عدد من الحركات المبرمجة. وهذا التعريف فيه الكثير من العمومية فحتى الحزام الناقل ذو سرعتين ينطبق عليه هذا الوصف رغم أنه لا يعتبر روبوتا.

لكن ليس من الصعب أن نأتي بتعريف أبسط وأدق. فبإمكاننا أن نعرف الروبوت على أنه كل عامل اصطناعي نشيط يكون محيطه العالم الطبيعي. فاشتراط "النشاط" يبعد الأشياء غير المتحركة والجامدة. واشتراط "الاصطناعية" يبعد الحيوانات بأنواعها. واشتراط "العالم الطبيعي" يبعد برمجيات الحاسوب وحتى الخيال العلمي.فالتركيز هنا سيكون إذاً على الروبوتات الحقيقية والتي تتمتع باستقلالية الحركة والقرار والتي تتعامل مع المحيط عن طريق التغذية الخلفية التي تحصل عليها من أجهزة الإحساس.

فتعامل الروبوت مع المحيط الطبيعي يضفي كثيراً من الصعوبات والعقبات أمام النجاح الفعلي للروبوت لأسباب كثيرة نذكر منها على سبيل المثال لا الحصر:

- بعض الأماكن (ضمن المحيط الطبيعي) يكون من الصعب الوصول إليها فتكون قراءات أجهزة الإحساس عند الروبوت غير دقيقة في هذه الحالة.
- بعض الظواهر في المحيط الطبيعي غير محددة دائماً وبها شيء من العشوائية ومن الصعب التنبؤ بعشوائية هذه الظواهر وبالتالي يكون لزاماً على الروبوت التعامل مع اللامحققية.
- المحيط الطبيعي متغير وديناميكي فقرار مّا من الروبوت قد يؤدي إلى نتائج مختلفة إذا ما أُصدر في أوقات مختلفة وبالتالي قدرة الروبوت على التعلم تبدو أساسية لنجاح كامل.



شكل ١ – ٦ نموذج من الانسان الالي

المصدر: www.shadow.org.uk/images/robodex2002/robot-03.jpg

١ – ٦ موجز تاريخي عن تطور الروبوت

استخدمت كلمة روبوت سنة ١٩٢١م عن طريق الكاتب المسرحي التشيكي كاريل كابيك في مسرحيته الشهيرة "روبوتات روسوم العامة" وكان موضوع المسرحية هو موت ميزة الإنسانية عند البشرية في مجتمع تكنولوجي بحت. وكان سبب نجاح هذه المسرحية هو ما كانت تعيشه أوروبا وأمريكا من حروب في تلك الفترة.

واشتُقت كلمة روبوت من "روبوتا" والتي تعني في اللغة التشيكية العمل الإلزامي أو عمل العبيد. ورغم أن ما كان يوجد في تلك الفترة لا يتعدى بعض التطبيقات البدائية إلا أن خيال هذا المسرحي سبق العلم وصور في مسرحيته الروبوت على أنه يطوَّر كيميائياً (وليس ميكانيكياً كما هو الحال اليوم). وفي نهاية المسرحية تثور الروبوتات على صانعها ويتسلموا مقاليد الأمور. ومنذ ذلك التاريخ أطلقت كلمة روبوت حتى على ما صنع قبل ١٩٢١م.

وقد تحدثت الكتابات العلمية الكثيرة في هذا الموضوع عن أنواع كثيرة من الروبوتات عبر التاريخ منها الواقع ومنها الخيال ويمكن تقسيمها إلى أربعة أنواع.

النوع الأول : روبوتات أسطورية وخيالية أشهرها وأقدمها طالوس والذي يُدّعى أنه قام بصنعه هيفايستوس إله المعادن الإغريقي كما تدعي الأساطير.

النوع الثاني : روبوتات عاملة ولكنها غير إلكترونية ويعتبر من أهمها البطة الميكانيكية والتي اخترعها جاك فوكنسن سنة ١٧٣٨,م

النوع الثالث: روبوتات عاملة عن طريق عتاد الكرتوني والكتروميكانيكي متخصص وأشهرها لاعب الشطرنج الآلي والذي أخترعه المهندس الإسباني توريس إي كيفيدو سنة ١٨٩٠م.

النوع الرابع: الروبوت الحديث والذي يعمل تحت تحكم الحاسب الآلي. ورغم أن نيكولا تسلا صنع بعض العربات التي يمكن التحكم فيها عن بعد بواسطة الراديو منذ سنة ١٨٩٠م، إلا أن أول التطبيقات الحديثة للروبوت تبدأ باختراع السلحفاة الآلية عن طريق غراي وولتر سنة ١٩٤٨م.

والأنواع الحديثة من الروبوتات تنقسم بدورها إلى قسمين: روبوتات متنقلة وأخرى غير متنقلة كانت تسمى آلات العين واليد. أول روبوت متحرك وقع تطويره في أوائل الستينات من طرف جامعة جونس هوبكنس وكان له عتاد لتمييز الأنماط وبإمكانه البحث عن مأخذ التيار الكهربائي وتوصيل نفسه بالكهرباء وشحن بطارياته الداخلية.

بالنسبة للروبوتات غير المتحركة فأول المجهودات في تطوير هذا النوع كان عن طريق طالب الدكتوراه بجامعة MIT، هنريك إيرنست والذي طور الآلة المسماة بـ MH-1 سنة ١٩٦١م، لكن ربما أهم التطبيقات الأولى كانت سنة ١٩٧٢م بتطوير الروبوت "فريدي" عن طريق المشروع المسمى بمشروع الآلة الذكية. ولقد كانت لهذا الروبوت إمكانيات مذهلة في التجميع عن طريق نظام الإبصار.

دخلت تطبيقات الروبوت المجال الصناعي منذ أواخر الخمسينات ميلادية على يد جورج انغلبيرغر وجورج ديفول. وقد قام جورج انغلبيرغر بتأسيس شركة يونيمايشن لتسويق الروبوت وإقناع المصانع بشرائها. وبأعماله الكثيرة في هذا المجال استحق لقب "أب علم الروبوت". ومع منتصف الثمانينات الميلادية حصلت طفرة في الاهتمام بهذا الميدان سببها شركات صناعة السيارات والتي استثمرت أموالاً طائلة في بحوث تتعلق بتطوير روبوتات تخدم هذه الصناعة بالذات. وفي نهاية الثمانينات لم ترتق تكنولوجيا الروبوت للوصول إلى الآمال المعلقة عليها وعجزت على تحقيق الكثير من المتطلبات وبدأ الاهتمام بهذه الصناعة ينطفئ.

لكن في سنة ١٩٨٩ م أصدر إنغلبيرغر كتاباً بعنوان "الروبوتات في الخدمة" محاولاً إقناع المجتمع العلمي أن كثيراً من الطموحات من السهل تحقيقها إذا ما وقع التركيز على النوع الرابع من الروبوتات وهو الذي يعمل تحت تحكم الحاسب الآلي. وكللت محاولات انغلبيرغر وغيره بالنجاح ورجع الاهتمام بالروبوتات الحديثة شيئاً فشيئاً.

إن ميدان الروبوت يستخدم تقريباً كل عناصر وفروع الذكاء الاصطناعي. وفي الواقع بعض فروع الذكاء الاصطناعي وُلدت بسبب احتياجات في ميدان الروبوت ثم بعد ذلك أصبحت مستقلة وتخدم مجالات أوسع. فمجال الذكاء الاصطناعي بفروعه مرتبط ارتباطاً وثيقاً جداً بمجال الروبوتات. ويفضل الكثير اعتبار الروبوت كنوع من أنواع الذكاء الاصطناعي. وبالتالي، لا يمكن لهذا الكتاب أن يتم دون التعرض ولو من بعيد لهذا الموضوع الواسع والمعقد والذي يحتاج لكتاب مستقل. لكننا سنكتفي بإعطاء فكرة سريعة عن تركيبة الروبوت وتطبيقاته العملية.

٢ – ٦ تركيبة الروبوت

تصنف الأنواع المختلفة للروبوت حسب أجهزة الإحساس التي تمتلكها والأطراف المؤثرة التي تتكون منها. فالروبوت المتنقل يحتاج إلى أرجل أو عجلات والروبوت الذي يُشغّل عن بعد يحتاج إلى كاميرا وهكذا. ويتكون الروبوت من جسم صلب (جاسئ) ووصلات صلبة ونقطة التقاء الوصلات تسمى مفصل وهذه المفاصل هي التي تسمح بالحركة.

فالذراع مثلاً تسمى وصلة وكذلك الكف والساق أما الكتف والكوع فهي مفاصل. في أطراف وصلات الروبوت توجد الأطراف المؤثرة والتي يستعملها الروبوت ليتفاعل مع العالم والمحيط. يمكن لهذه الأطراف المؤثرة أن تكون كُلاّبه أو مفك أو جهاز لحام أو غيرها. وفي بعض الروبوتات المتطورة يمكن فك نوع من الأطراف المؤثرة وتغييره بآخر وبذلك يكون الروبوت أقدر على القيام بأعمال مختلفة.كذلك يكون الروبوت المتطور

مـجهـزاً بواحد أو أكثر من أجـهزة الإحـساس كـالكاميـراو أجهـزة إحسـاس الأشعة دون الحمراء و رادار، سونار، أو مقياس تسارع.

أ– الذراع الآلي والمفاصل:

هناك عدة أنوع من الأذرع الآليـة المستعملة. ويُجـمع الذراع بربط عدد من الأجـزاء المتحـركة بأسـاليب مـختلفـة تفرضـهـا أنواع الحركـات المطلوبة وطبـيعـة العـمل الذي سيـؤديه الروبوت. ويتكون الذراع الآلي من عـدة مفـاصل وهو تقليد مـبسط لوظيـفة الذراع عند الإنسـان. وأهـم هذه المفاصل هـي: المقبض، الكتف، السـاعد، ومفصل اليد.

يحـتـاج الروبوت إلى تحـريك كـل الأجـزاء بـقـدر مـعين وبـتسـلسل مضـبوط ودقيق لينقل مـقبضه إلى مكان مـحدد، وهي عمليـة معقدة تحـتاج لدراسـة علم الحـركـة المجـردة أو مـا يسـمى بالكِيْنمـاتيكا. وتسـمـح مـعظم الأذرع الآليـة إما بالـحـركـة الدورانيـة أو الحـركـة الموشـوريـة وهي حـركـة خطيـة تشبه التي يقوم بها التلسكوب دخولا وخروجاً.

يُعـتـبـر أكـثـر ذراعـا آليـا قـربـاً من ذراع الإنسـان هـو ذراع Unimation Puma والذي يحـتـوي على سـت مـفـاصل دورانيـة وهو العـدد الأدنى من المفاصل الذي يمكّن الروبوت من نقل المقبض إلى أي نقطة وفي أي اتجـاه. والسـبب في ذلك هو أن كل نقطة في الـفضـاء تحـتـاج إلى ثلاثة أبعـاد لتحـديد موقعها ويحتاج الروبوت إلى ثلاثة أبـعاد أخرى لتحـديد الاتجاه من نقطة البداية إلى نقطة النـهاية. وبالتـالي، وحـتى يتـمكن من الوصـول إلى أي نقطة في الفضاء المحيط، يحتاج الروبوت على الأقل إلى ستة أبعاد مما يسـمى بدرجـات الحرية. لتبسـيط هذا المفـهوم، رغم أن المقـارنة غـير دقـيقـة، تحتـاج الطائرة إلى ثلاثة أبعـاد لتـحديد موقع تود الاتجـاه إليه وإلى ثلاثة أنواع من الحركـات يمكنها القيـام بها للوصول بدقـة للهدف وهذه الحركـات تُسمى في ميدان الطيران: الانحدار والانعراج والالتفـاف.

لإنجاز الـحـركة، لابد من وجود المفـاصل الميكانيكية، وأكثـر هذه المفاصل

انتشاراً هي ما يسمى بالمشغل الآلي والذي يقوم بترجمة أوامر الحاسوب إلى حركات. ولكل مفصل مشغّل مستقل. ومن أكثر المشغّلات الآلية استعمالاً هو المحرك الكهربائي ولكن توجد كذلك مشغّلات تعتمد على نظام ضغطي هوائي أو نظام سائلي. ويجب على هذه المشغّلات الآلية أن تكون متغيرة السرعة بحيث يمكن ضبط الروبوت ليتحرك بسرعة أو ببطء حسب الحاجة.

ب- الطرف المؤثر:

يحتاج ذراع الروبوت إلى مقبض ويُسمى بالطرف المؤثر ليمتلك القدرة على تحريك الأجسام. ويمكن الاستعاضة عن المقبض بأشياء أخرى كاليد الاصطناعية، الماسك الفراغي، الماسك المغناطيسي أو بأدوات كالكلابة وغيرها. وبما أن اليد الاصطناعية (أو المقبض) هي أكثر أنواع الأطراف المؤثرة تعقيداً وأهمية فسنكتفي بالحديث عنها دون التطرق للأنواع الأخرى.

بعض أنواع الروبوت تستعمل مقبضاً بفكين لتمسك الأجسام التي تودّ تحريكها. في هذه الحالة، يجب أن تكون قوة القبضة كافية لنقل الأشياء دون إسقاطها وفي نفس الوقت يجب أن لا تكون قوية إلى درجة تحطيم هذه الأشياء أو الإضرار بشكلها. ومن هنا نستطيع أن نرى أن هذه المعادلة صعبة جداً خاصة مع اختلاف أحجام وأوزان وأشكال الأجسام التي تنقل بين حين وحين. لذلك فإن للحاسوب المتطور مجسات لمس تعطي نظام التحكم معلومات كافية عن مقدار قوة الضغط.

إضافة إلى المقبض (أو اليد بأصبعين) هناك بعض أنواع الروبوت التي تستعمل أيد اصطناعية ذات ثلاثة أو أربعة أو حتى خمسة أصابع وبتركيبة مشابهة تماماً لليد البشرية. وتكون هذه الأصابع قابلة للحركة بحرية تامة. ولإعطاء الروبوت حس لمسي فإن الأيدي الاصطناعية متعددة الأصابع تكون مجهزة بأجهزة إحساس لها القدرة على مد نظام التحكم بمعلومات عن خواص الجسم المقبوض مثل الوزن واللزوجة والحرارة وغيرها من الصفات الهامة التي تساعد الروبوت على القيام بمهمته بنجاح.

في أحيان كثيرة، تكون الأيدي الاصطناعية ضرورية. فمثلاً وفي تطبيقات التحكم عن بعد تكون اليد الاصطناعية في محيط العمل وفي الطرف الآخر (وبعيداً عن محيط العمل) يقوم العامل بأداء الحركات اللازمة لإنجاز المهمة المطلوبة مستخدماً يدا آلية أخرى يلبسها لتترجم حركات أصابعه وتنقلها إلى يد الروبوت. ويتابع العامل نتائج حركة يده عن طريق شاشة تلفزيونية. ودائرة تطبيقات اليد الصناعية واسعة وتشمل المجالات التصنيعية الدقيقة، والطب وخاصة حالات الإعاقة، ومجال المخلفات النووية.

جـ – آلية التنقل:

في كثير من التطبيقات، يحتاج الروبوت إلى القدرة على التجوال أو المشي. وأسهل الوسائل التي تمكن الروبوت من التجوال هي العجلات أو السلاسل التي تغذيها محركات ذات تيار ثابت.ويتحكم في آلية الحركة حاسوب غالباً ما يكون داخل الروبوت. كما يجهز ببطاريات وذلك لتحاشي استعمال كابلات كهربائية قد تعيق تجوال الروبوت وتحد مسافة تجواله. ورغم أن العجلات تبدو الوسيلة السهلة لجعل الروبوت قادراً على التجوال إلا أن الروبوت ذو العجلات (أو حتى ذو السلاسل) يجد صعوبة في ركوب السلالم أو الوصول إلى المرتفعات الضيقة. وبالتالي هناك تطبيقات عدة تحتاج إلى روبوت يستخدم نظاماً للمشي شبيه بنظام المشي عند الإنسان أو نظام المشي عند بعض الحيوانات الثديية أو غيرها.

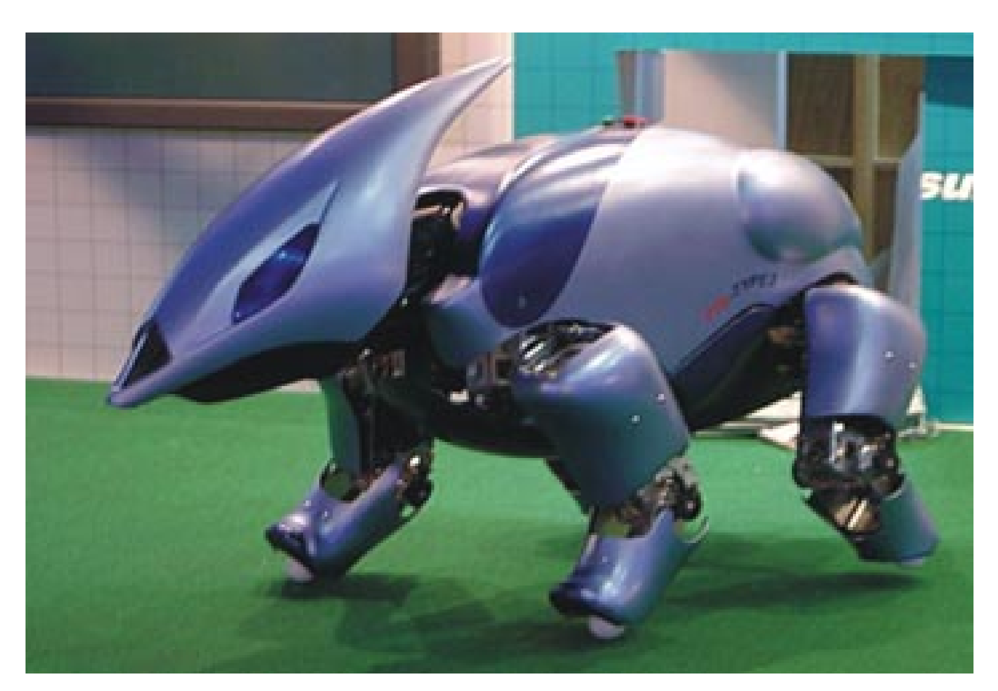
ورغم أن استخدام الأرجل يُمكّن الروبوت من الصعود على الأسطح غير المستوية والأسطح المتدرجة إلا أن المحافظة على التوازن أثناء التنقل عملية صعبة جداً وتقتضي وجود جهاز تحكم متطور ودقيق ومزود ببعض آليات الذكاء الاصطناعي القادرة على تجاوز التعقيدات الديناميكية المتغيرة أثناء تجوال الروبوت.

بعض الروبوتات تستعمل رِجلين وتسمى روبوتات ثنائية الأرجل أو روبوتات مترجّلة وميزتها أنها خفَيفة وقادرة على تسلق السلالم. لكن كما

أسلفنا مازالت تعاني من مشاكل في المحافظة على توازنها خاصة عند الوقوف المفاجئ أثر حركة سريعة. ويزود هذا النوع من الروبوت بثلاثة محركات كهربائية لكل رجل تكون موزعة على أسفل الرجل، الركبة والخصر. ومهمة جهاز التحكم هو التنسيق بين هذه المحركات الستة للوصول إلى حركات متناسقة ومتزنة أثناء المشي.

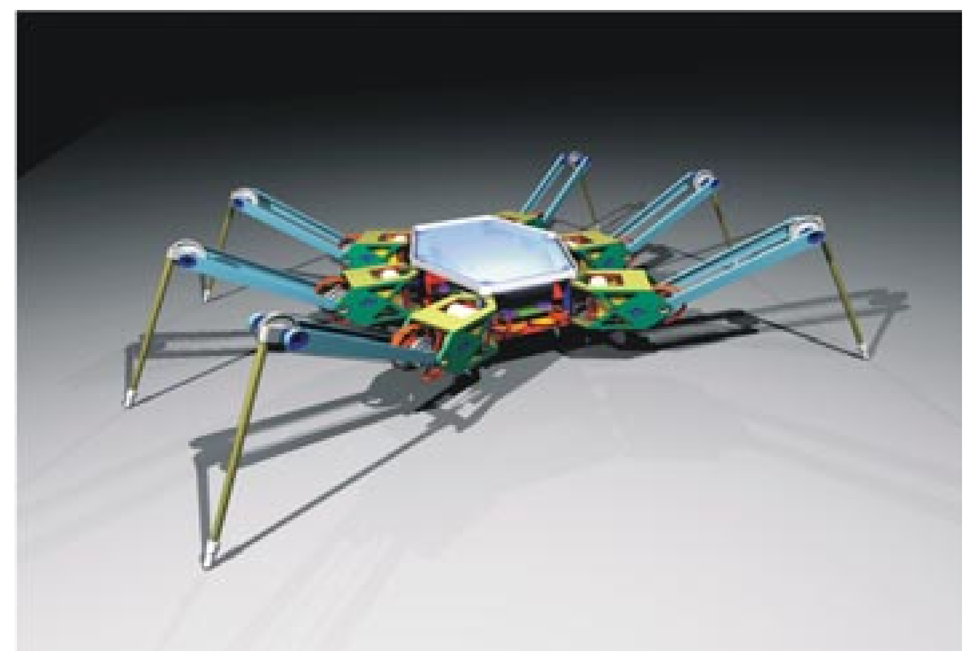
إضافة إلى الروبوت ثنائي الأرجل يوجد نوع آخر من الروبوت ذوي ستة أرجل ويسمى الروبوت سداسي الأرجل. ورغم أن هذا الروبوت يعاني من شيء من الضخامة والثقل (وصل طوله إلى ١٥ متر في حالة الروبوت المسمى (Ambler) إلا أنه متزن جداً وله القدرة على الوصول إلى أماكن صعبة ومتشعبة وبإمكانه الوقوف فجأة مع محافظة كاملة على توازنه.

ومن الطبيعي أن تكون عملية التنسيق بين ستة أرجل عملية دقيقة وصعبة على نظام التحكم إلا أن المجهودات التي بذلت في هذا المجال تؤتي أكلها بالخدمات الكبيرة التي يقدمها هذا النوع من الروبوت بالاستكشاف في الأسطح الصخرية وأفواه البراكين وغيرها من الأماكن الخطرة والوعرة. و مؤخرا ظهرت اشكال اخرى للروبوت غير الشكل الانساني وذلك لتوظيفها في العديد من المهام. فنجد الآن روبوتاتا على شكل بعض الحيوانات كالشكل ٢ – ٦، او بعض الحشرات كالشكل ٣ – ٦



شكل ٢ – ٦ نموذج لكلب آلي

المصدر: www.shadow.org.uk/images/robodex2002/



شكل ٣ – ٦ نموذج للحشرات الآلية

المصدر: www.csdm.qc.ca/francois-de-laval

د- الإحساس الاصطناعي:

يعتبر الإحساس الاصطناعي ضرورة ولا تكتمل وظائف الروبوت إلا به. ومهمة هذه الأجهزة هي إعطاء الروبوت شيء من الحس أو الإدراك ولها أنواع متعددة.

إحساس الذات: تماماً كالإنسان، يمتلك الروبوت جهاز إحساس مهمته إشعار الروبوت بالأماكن التي تتواجد فيها المفاصل في كل لحظة زمنية. ويتم هذا عن طريق وضع مرمّز أو جهاز تشفير في كل مفصل ومهمة هذا الجهاز هي معرفة -وبكل دقة- كل المعلومات الأساسية عن المفصل مثل الزاوية والامتداد والاتجاه ومن ثم إرسالها إلى جهاز التحكم في الحركة أثناء التنقل وبهذا يمكن للروبوت تصحيح مواقع المفاصل والوصول إلى الهدف بدقة. ويمكن للروبوت قياس التغير في موقعه أثناء التجوال عن طريق عداد المسافات أو الأودومتر ويحدد الاتجاه عن طريق البوصلة أو الجيروسكوب / البوصلة الدوارة. ولمعرفة التغير في سرعته يكون الروبوت مجهزاً بمقياس التسارع المسمى بالمسراع.

تحسس القوة: رغم أن للروبوت أجهزة تمكنه من تحديد موقعه وموقع المفاصل بدقة تفوق دقة الإنسان، إلا أن هذه الأجهزة لوحدها غير قادرة على القيام بمهام أخرى. فمثلاً، لو أخذنا مهمة بسيطة ككشط طلاء من على سطح زجاجي دقيق باستعمال شفرة حلاقة، يحتاج الروبوت إلى دقة في تحديد موضع الشفرة عمودياً على سطح الزجاج وأي خطأ ولو كان بالمليمترات يسبب فشلاً في إتمام المهمة. فإما أن تكون الشفرة بعيدة قليلاً عن الزجاج وبالتالي لا تتمكن حتى من ملامسة الطلاء أو أن تكون مضغوطة أكثر من اللازم مما قد يسبب كسر الصفيحة الزجاجية الرقيقة. فهذه المهمة البسيطة وغيرها من المهام الكثيرة التي يكون فيها نوع من الاحتكاك كالكتابة أو فتح الأبواب أو تركيب السيارات أو غيرها تحتاج إلى أجهزة إحساس تقيس مستوى القوة. وعادة ما توضع هذه الأجهزة بين

الذراع والطرف المؤثر وتقيس القوة وعزم الدوران في ستة اتجاهات مختلفة. ويستعمل جهاز التحكم هذه القياسات للمحافظة على الاحتكاك بضغط ثابت. ويسمى هذا النوع من الحركة حركات مطاوعة وهي حركات غاية في الأهمية في عدد كبير من تطبيقات الروبوت.

الإحساس اللمسي: هذا النوع من الإحساس يشبه كثيراً حاسة اللمس عند الإنسان ويختلف قليلاً عن تحسس القوة. فلو طُلب مثلا من الروبوت أن يلتقط كوبا ورقيا من القهوة باستعمال مقبضه، فعلى الروبوت أن لا تكون قبضته ضعيفة حتى لا ينزلق الكوب أثناء التقاطه وتحريكه ولا أن تكون قبضته قوية فتعصر الكوب أو تحطمه. ويتطلب هذا إحساساً لمسيا دقيقا. ويتكون جهاز إحساس اللمس من مادة مرنة أو مطاطة تعطي درجة ارتدادها أو تشوهها فكرة كافية عن قوة الاحتكاك. إضافة إلى ذلك، يمكن أن يكون هذا الجهاز مزوداً بالقدرة على قياس الاهتزاز حتى يحافظ على الكوب مثلاً أو محتوياته.

جهاز السبر بالصدى: يرسل جهاز السونار إشارات صوتية في اتجاه معين. وعندما تصطدم هذه الإشارات بحاجز أو جسم،تنعكس وترجع أجزاء منها إلى الجهاز. وبقياس الوقت التي استغرقته هذه الإشارات ذهاباً وإياباً تتم وبسهولة معرفة المسافة التي تفصل الروبوت عن هذا الجسم أو الحاجز. ويتم كل ذلك بسرعة تقل عن أجزاء صغيرة جداً من الثانية. وبهذه الطريقة، يمكن للروبوت تفادي الحواجز التي قد تعترض طريقه أثناء التنقل. وإذا ما رُكّبت عشرات من هذه الأجهزة حول أجزاء الروبوت وفي اتجاهات مختلفة يصبح من السهل على الروبوت معرفة محيطه وتحديد كل الحواجز وفي كل الاتجاهات مرة واحدة.

حاسة النظر الاصطناعي: إن حاسة النظر الاصطناعي وتحليل الصور والمرئيات هي التي حولت أسس الروبوت من الحركة العمياء إلى حركات مع إدراك بمحيط العمل. وتتكون هذه الحاسة من كاميرا أو كاميرتين

وهو ما يسمى بنظام النظر الثنائي. ويحول هذا النظام الصور إلى إشارات كهربائية تخزَّن وتعالجُ رقمياً في أجهزة الكمبيوتر. وتكمن أهمية هذه الحاسة في إعطاء الروبوت القدرة على التعرف على الأجسام المتواجدة في محيط عمله وأخذ القرار اللازم والحركة الصحيحة لإنجاز المهام المطلوبة.

هـ- نظام التحكم

رغم السرد السريع لآلة الروبوت والأجزاء التي تتكون منها، ليس من الصعب أن نستشف مدى تعقيد الربط بين كل أجهزة الإحساس والتنقل والأجهزة الميكانيكية و صعوبته. وهذه المهمة الصعبة تقوم بها أنظمة التحكم فبدون هذه الأنظمة لا يتعدى الروبوت كونه قطعاً حديدية صماء جامدة. ونظراً لاختلاف التركيبة الميكانيكية لأجزاء الروبوت المختلفة، يحتاج الروبوت إلى أنظمة تحكم متعددة. منها ما يهتم بتحريك الذراع، وأخرى لآلية المشي، ونظام آخر للتحكم في المقبض، إلى غير ذلك من أنظمة التحكم المختلفة.

ولقد استفاد ميدان الروبوت من التقدم الحاصل في ميدان التحكم الآلي وفي ميدان المعالجة الصغرية للوصول إلى مستوى مقبول في أداء الروبوت. ومازالت المساعي حثيثة لجعل نظام التحكم أكثر فعالية وصلابة ليواجه متطلبات الصناعات الحديثة. وقد بدأت فعلاً تطبيقات التحكم باستخدام الفروع المختلفة للذكاء الاصطناعي تظهر نتائج مهمة.

ويتمثل جهاز التحكم في حاسوب (صغيراً كان أم كبيراً) يتلقى المعلومات القادمة من أجهزة الإحساس المختلفة الموجودة في الروبوت ويرسل أوامرا وتعليمات تحدد الحركات المطلوبة. وتكون هذه التعليمات عبارة عن إشارات كهربائية تقوم بتحريك المفاصل المختلفة حسب الحاجة. ويكون جهاز التحكم (أو الحاسوب) مركباً على الروبوت نفسه أو منفصلاً عنه.

وفي حالة الفصل بين الروبوت وجهاز التحكم يقع الربط بينهما عن طريق عدد من الأسلاك عادة ما تكون (وقد تزيد عن) ثمانية. وإذا ما كانت

الأسلاك تسبب عائقاً، ويحصل هذا في حالة الروبوت المتنقل، فيمكن أن يتم الربط عن طريق الاتصال اللاسلكي.

إن عملية التحكم في الروبوت عملية معقدة وتحتاج إلى شرح مطول كما أن نظام التحكم نفسه يتكون من تركيبات كثيرة جداً لا يسمح المجال بالتطرق إليها ولكن الفكرة العامة لهذه الآلية كما وقع عرضها تكفي لفهم نظام التحكم ودوره في إنجاح آلية الحركة عند الروبوت.

٣ – ٦ نظام الروبوت الصُغري

مع تقدم التقنيات الحديثة والطفرات التي تعيشها الكثير من الميادين العلمية والتكنولوجية والصناعية، أصبح من الضروري إدخال أنظمة الروبوت إلى الأماكن الصغيرة والتي لا يمكن للإنسان دخولها مثل الأنابيب التي تحمل المواد الكيميائية أو المواد السامة. ومن هنا جاءت فكرة الروبوت الصُّغري أو الروبوت الصغير.

وقد تنافست الأبحاث في تصغير حجم الروبوت رغم العوائق البديهية التي تفرضها ميكانيكية الحركة والدوائر الإلكترونية العديدة. وتوصل اليابانيون إلى إنتاج روبوت متنقل لا يزيد حجمه عن 1x6x1 سم أي أن عرضه ١ سنتيمتر وارتفاعه ١ سنتيمتر وطوله ٦ سنتيمتر. وظهر كذلك الروبوت الخليوي والذي باستطاعته التكيف مع محيط العمل بتغيير خواصه وحجمه وحتى طريقة التنقل.

ولهذا النظام من الروبوت الصُّغري تطبيقات مهمة وصلت حتى المجال الطبي. وبإمكان الطبيب في المستقبل القريب أن يرسل روبوتاً صُغريًّا ليتجول داخل قنوات المريض وأمعائه ويلتقط الصور اللازمة لتشخيص الأمراض.

٤ – ٦ التطبيقات العملية للروبوت

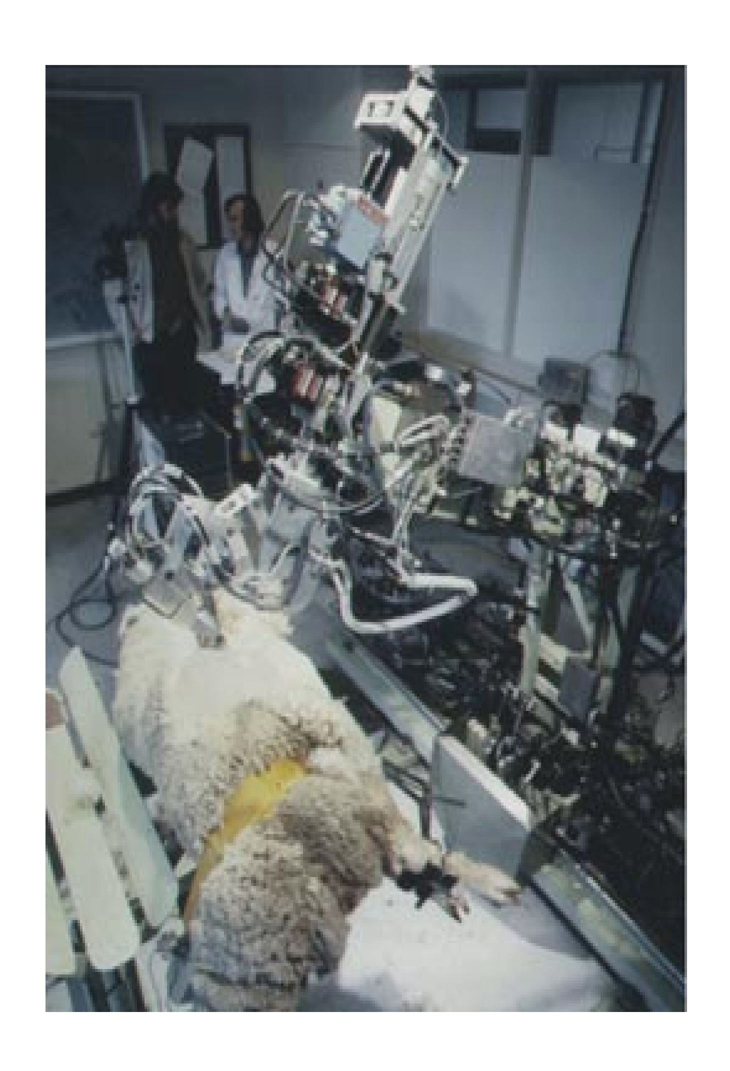
على عكس الإنسان، يختلف جسم الروبوت وشكله حسب الوظيفة أو الوظائف المصمم من أجلها. وقد صممت أنواع كثيرة من الروبوتات للقيام بعدد كبير من الوظائف المختلفة سنسرد بعضاً منها على سبيل المثال لا الحصر.

الروبوت في المجال الصناعي:

يعتبر الميدان الصناعي أكبر الميادين استفادة من خدمات الروبوت على الإطلاق. فالحركات المتكررة في أي خط من خطوط الإنتاج تمثل هدفاً طبيعياً للأتمته. وشهدت سنة ١٩٥٤م أول براءة اختراع في هذا الميدان لجورج ديغول عن اختراعه أول ذراع آلي مبرمج. وبحلول ١٩٨٥م بلغ عدد الروبوتات المستعملة في الميدان الصناعي أكثر من ١٨٠,٠٠٠ روبوت وتستعمل اليابان والولايات المتحدة وفرنسا ١٥٠,٠٠٠ منها.

رغم أن معظم تطبيقات الروبوت كانت في صناعة السيارات وصناعة صفائح الإلكترونيات الدقيقة، إلا أن هناك ميادين أخرى كان للروبوت دور فيها كتخزين ونقل وتوصيل المعدات والمواد ونقلها وتوصيلها. وتختلف هذه المواد في حجمها، من صفائح رقيقة إلى معدات ضخمة كالشاحنات يقوم الروبوت آلياً بنقلها من مكان إلى مكان حسب برمجة مسبقة. وكان لهذا فائدة كبيرة خاصة في ميدان العمارة والبناء حيث تستعمل روبوتات كبيرة قادرة على نقل معدات يصل وزنها إلى ١٠٠٠ كغ ووضعها في أماكنها بدقة تصل إلى ٢,٥ مم في محيط عمل يكون قطره في حدود ١٠ م.

ومما يدل على سعة تطبيقات الروبوت إلى الميدان الصناعي هو وصولها حتى إلى ميدان الجَزّ (قص صوف الخروف) فقد التجأت استراليا والتي تملك ١٤٠ مليون خروف إلى استعمال الروبوت في الجزّ (شكل ٦,٤) . ونظراً لأن الخرفان تكون بأحجام مختلفة فقد كان روبوت الجزّ مجهزاً بإحساس لمسي دقيق يمكنه من جزّ الخروف دون أن يجرحه.



شكل ٤ –٦ عملية جزّ باستخدام الروبوت

المصدر: /www.mech.uwa.edu.au/jpt/shearmagic/images

الروبوت في مجال الخدمات:

كثيراً ما تطالعنا أفلام الخيال العلمي بروبوتات تخدم الإنسان خارج النطاق الصناعي. وتصور لنا هذه الأفلام الروبوت وهو يقوم بالأعمال والخدمات الشخصية كتحضير الطعام وتنظيف المنزل. لكن الواقع غير ذلك. فقد كان الروبوت إلى أمد قريب شبه محصور في التطبيقات الصناعية وفكرة نظام الروبوت الخدماتي لم تحظ بالاهتمام إلا في فترة التسعينات الميلادية. ومن المجالات التي بدأ النظر فيها نذكر الجراحة

الروبوتية والتمريض الروبوتي وتصنيف الأدوية وتصنيف الملفات والتنظيف و خدمات الأطعمة الجاهزة و حراسة المؤسسات والبريد.

ورغم أن الكثير من هذه التطبيقات مازال قيد التطوير إلا أن نظام الروبوت المتنقل في مجالي الحراسة والبريد لاقى نجاحاً كبيراً خاصة في المستشفيات. وقد تمكنت واحدة من الشركات من بيع أكثر من ٣٠٠٠ روبوت مهمتها توزيع البريد والملفات داخل أجزاء المستشفى. ويتلقى هذا النوع من الروبوت التعليمات من جهاز الحاسب الآلي وينقل المعدات أو الملفات لمواقع مختلفة داخل المبنى. ويمتلك قدرة فائقة على تفادي الاصطدام مع الأشخاص أو الأثاث كما أنه قادر على استعمال المصاعد الكهربائية.

من فوائد الروبوت، وفي هذا المجال بالذات، هو تواجده على رأس العمل ٢٤ ساعة في اليوم وسهولة متابعته آلياً لمعرفة سير الملفات وأوقات وصولها وانعدام السهو أو الخطأ مما يسهم في المحافظة على هذه المعدات والملفات.

الروبوت في الأماكن الخطرة:

لقد أصبح الروبوت في هذه الأيام مساعداً على تقليل المخاطر التي قد يتعرض لها الإنسان في كثير من الأوضاع. فإثر الكارثة التي سببها انفجار شارنوبل لم يتجرأ أحد على المجازفة بتعريض نفسه لإشعاعات قوية وقاتلة أثناء عمليات الإنقاذ أو التنظيف. فاستعمل الروس عددا من الروبوتات (التي كانت مصممه لمهام الاستكشاف على سطح القمر) للقيام بعملية التنظيف. وتستعمل فرنسا واليابان وبشكل روتيني أعداداً من الروبوتات في عمليات تنظيف المحطات النووية حتى لا تعرض العمال لخطر الإشعاعات.

وهناك عدد من الدول يستعمل الروبوت في حالات الكوارث، كالزلازل والحرائق حيث يقوم الروبوت بالاستكشافات الأولية لمعرفة ما إذا كانت المباني تهدد بالسقوط أو أن هناك غازات سامة أو غيرها من المخاطر. وإثر الاستطلاع الأولي الذي يقوم به الروبوت يحدد رجال الإنقاذ والطوارئ

الخطوات اللازمة.حتى في حالات تفجر البراكين، هناك استعمالات مهمة للروبوت. ففي صيف ١٩٩٤م تم استعمال روبوت يسمى DANTEII لاستكشاف أحد البراكين المتفجرة والتي لا يجرؤ الإنسان على الاقتراب منها.

وهناك تطبيقات عديدة غير التي ذكرت ومازالت هناك أخرى تحت التطوير. ومع أن هذه التطبيقات تعود على البشرية بكثير من الفائدة، إلا أنها لا تخلو من نقد ومعارضة ولعل أخطر نتائجها هي ما يسببه استعمال الروبوت في الميدان الصناعي من تعويض لليد العاملة البشرية. فالروبوت يفوق الإنسان بكثير في هذا الميدان مما يغري أرباب المصانع بالتخلي عن الآلاف من العمال وهذه قد تكون بداية لمسألة اجتماعية حقيقية.

الفصل السابع
قضايا فلسفية في الذكاء الاصطناعي

من الصعب أن نتجاهل الفلسفة ما دامت لمعظم الأشياء معاني خفية نحتاج لمعرفتها. وميدان الذكاء الاصطناعي يعج بالأسئلة الفلسفية ليس فقط لأن هذا الميدان خطف الأنظار وحاز اهتمام الكثير. ولا لأنه كان نتاج ميادين مختلفة ضمت علم النفس والاجتماع والفلسفة والرياضيات والهندسة وغيرها. ولكن بدرجة أهم، لأن هذا الميدان يتعامل مع العقل ووظائفه ويتعامل مع ظاهرة الذكاء وكل هذه الأشياء لم تحسم بعد ومازال يحدوها الكثير من الغموض وأسئلة عديدة حولها مازالت تنتظر الإجابة.

والقضايا الفلسفية في هذا الميدان عديدة ومناقشتها لا تقل أهمية عن فروع الذكاء الاصطناعي وتطبيقاته ونجاحاته. والتطرق إلى هذه القضايا يدفع ميدان الذكاء الاصطناعي إلى الأمام لأنه البداية لرفع الغموض عن العديد من الأمور المتعلقة بالميدان. من الصعب أن نسلط الضوء على كل القضايا المطروحة ولكننا سنحاول طرح أهمها ومنها: التفكير، والبديهة، والعاطفة، والإبداع، والوعي.

أول القضايا التي ظهرت هي قضية التفكير وهل بإمكان الحاسوب اكتساب قدرة التفكير، وكان الذكاء الاصطناعي آنذاك في بداية ظهوره. لكن ببداية النجاحات ظهرت قضايا أخرى أكثر تعقيداً وبدأ العديد من الفلاسفة والمهتمين من غيرهم إبداء آرائهم في مواضيع مثل الإبداع، والبديهة، والوعي، و العاطفة. وعلى الرغم من الاطروحات الكثيرة والنقاشات الطويلة، مازالت كل هذه المواضيع دون حسم وقد تبقى كذلك لمدة طويلة.

٧ – ١هل الحاسوب يفكر؟

منذ بداية نجاح الذكاء الاصطناعي ظهر جدال كبير وافتراضات كثيرة عن ماهية ذكاء الآلة، وكما يعرف أي طالب في علم النفس أن الذكاء البشري في حد ذاته لم يحسم تفسيره بعد فما بالك بذكاء الآلة؟

يرى الكثير أن أي حاسوب حتى حاسوب الخمسينات يفوق أي إنسان في قدرته على الحساب والعمليات الرياضية، وكانوا يصفونه بأنه أسرع من اينشتاين. لكن هذه القدرة الحسابية هي ناتجة فقط عن برمجيات وضعها الإنسان وطبقها الحاسوب دون " تفكير " حتى وصل إلى النتيجة. ويرى فريق آخر أنه ما دامت نتائج العمليات الحاسوبية صحيحة ومفيدة فهذا دليل كاف على ذكاء الحاسوب.

ولم يقف الجدال عند هذا الحد، فالعاملون في ميدان الذكاء الاصطناعي لم يدّعوا فقط ذكاء النتيجة التي تتوصل إليها الآلة ولكن كذلك ذكاء الأسلوب والطريقة التي وصلت بها الآلة لهذه النتيجة، وبهذا –وعلى حد قولهم– ذكاء الآلة هو تماما كذكاء البشر.

وهذا الادعاء أثار تساؤلات كثيرة جادة وأخرى تهكمية مثل: ما دمنا قد عجزنا عن توضيح أمور كثيرة تخص الذكاء البشري، فهل بالإمكان اعتبار ذكاء الآلة نموذجاً لذكاء البشر ونحل المسألة. وتساءل آخرون: إذا سلمنا بذكاء الآلة فما هو يا ترى رأي الآلات الذكية في ذكائنا البشري. ولكن السؤال الأهم ضمن كل الأسئلة المطروحة هو: هل من الضروري أن يتطابق الذكاء البشري مع ذكاء الآلة؟

ولمحاولة الإجابة على هذه الأسئلة وأسئلة أخرى كثيرة قدم عدد من المهتمين خصوصا في ميادين علم النفس والفلسفة وعلوم الحاسب نظرياتهم. وبسرعة ظهر قطبان رئيسان. من أبرز عناصر القطب الأول كان الناقد هيوبرت درايفوس صاحب كتاب " ما لا تستطيع الحواسيب القيام به " والذي نشره سنة ,١٩٧٢ م ثم أتبعه سنة ١٩٩٢ م بكتاب آخر سماه " مازالت الحواسيب لا تستطيع القيام به ". وكان هذا الناقد يرى أن الآلات والحواسيب ليست ذكية ومن المستحيل أن تكون ذكية حتى في المستقبل البعيد.

أما القطب الثانــي، فقد كان من أبرز عناصـــره مارفــن مـنسكــي وقد كان متفائلاً جداً عندما قال في بداية ظهور الذكاء الاصطناعي: "خلال عشر سنوات ســتحل جـمـيع مشــاكل الذكــاء الاصطناعي". ثم في فـترة لاحـقـة قال: "خـلال عشر سنوات لن ترضى بنا الحواسيب حتى كحيوانات أهلية". وليس مستغرباً أن يتضـاءل طموح منسكي مع بداية الثمانينات ولكنه لم ينطفئ.

ظهور هذين القـطبين في حد ذاته ليس مـهـماً جـداً. ولكن طرح السـؤال "هل بمقــدور الآلة أن تفكر؟" كــان الأهم. وبــهـذا الســؤال دخل علـم النفس بقوة ميدان الذكاء الاصطناعي وبدخـولــه توفــرت معلومــات كثيــرة علــى امتــداد ٥٠ ســنــة أضـــافــت بــدون أدنى شك الشــيء الكثير.

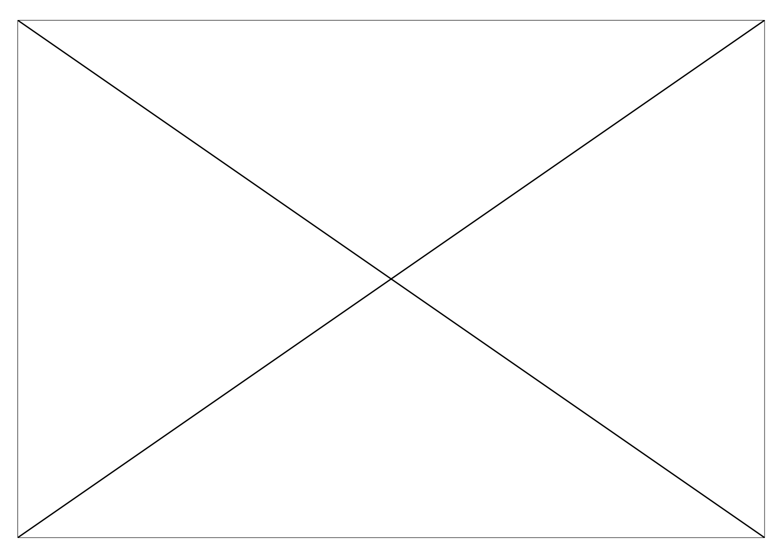
٢ – ٧ أيمكن للحاسوب أن يبدع؟

تاريخـيا، كـان موضـوع الإبداع مهملاً في علم النفس عـامة واخـتبـارات الذكاء خـاصـة. ومع ذلك يعـتبر الإبداع أهم عناصــر الذكاء. ورغم أن الحـاسوب دون شك قـد تفوق في مـيادين مـحدودة كـالمنطق والرياضـيـات. يرى الكثير أن هناك أمـلاً ضـئيـلاً في أن يصل الحـاسـوب إلى درجـة الإبداع. والسـبب هو أنه ليـصل عمل مّـا إلى مـسـتـوى الإبداع، يجب أن يكون على الأقل مـفـيداً، وجـديداً، وغيـر متـوقـع. حلقات ثلاث، هل من السـهل على الحاسوب أن يربط بـينها؟ هذا السؤال يذكـرنا بالجدل الحاد الذي امتد قـرناً كاملاً عمـاّ إذا كان بإمكان الآلة أن تطير. ومع صنع أول طائرة انتهى الجدال.

ومـحاولـة الإقناع الفلسفي حول موضـوع الآلة والإبداع تبدو صعبـة جداً مما حـدا بالبـعض أن ينتـهج طريقـة أخرى للإقناع وهــي الوصول إلى تصـمـيم حـاسوب مـبـدع يكفي لوضـع حـدّ للنقـاش. ورغم صـعـوبة هذه المهـمـة، ظهـرت بعض المحـاولات الجـادة لعل أكـثـرها إثارة كـان برنامج AARON الذي يملك القـدرة على رسـم لوحـات فنيـة جـمـيلة ومـتنوعـة وله القـدرة حـتى على الرسـم التـجـريدي. ومما لا شك فـيـه أن هذا البـرنامج الذي ظل تحت الـتطوير ٢٠ سنة كـاملة يقدم أعـمالاً فنيـة مـذهلة تصل إلى مسـتـوى الـفنانين البشـريين ويوضـح الشكل ١ – ٧ بعضًــا منها. لكن هل تعـتبـر هذه الأعمال إبداعـية؟ وهل نحكم على

الناتج النهائي فقط لهذا البرنامج أم يجدر بنا الحكم حتى على المنهج والأسلوب الذي به توصل للنتيجة؟ أسئلة مازالت مطروحة رغم أن أعمال AARON جميلة وجديدة وغير متوقعة. كثير يرى أن على كل من لم يقتنع بإبداع AARON أن يسعى لتعريف جديد لمفهوم الإبداع.





شكل ١ – ٧ رسومات "ابداعية" من ابتكار حاسوب "ذكي"
المصدر: www.scinetphotos.com/aaron.html

٣ – ٧ الحاسوب ومسألة الوعي

قضية الوعي قضية معقدة جداً. فإلى يومنا هذا ليس هناك تعريف واضح للوعي ولا حتى مقياس له. ما نعرفه هو أن الوعي خاصية ضرورية لإنسانية الإنسان. فإذا ما غاب الوعي تجرد الإنسان من إنسانيته.

هناك شبه إجماع على أن الحيوانات "البسيطة" والتي لا تمتلك سوى حد محدود من الشبكات العصبية ليس لها وعي. فهي لا تعي. عند هذه الحيوانات، هذا العدد المحدود من الشبكات العصبية يعطيها القدرة على القيام بالوظائف الأساسية فقط. ولكن نوعية هذه الشبكات العصبية هي تماماً كالتي عند الحيوانات "المعقدة" أو عند الإنسان. ويتفق الكثير على أن الحيوانات المعقدة عندها صفة الوعي. إلى هذا الحد هناك شبه اتفاق. إذاً فالفرق ليس في نوعية الشبكات العصبية ولكن في عددها. ومن هنا يرى فريق من العلماء – ويختلف معهم آخرون – أنه إذا كان عدد الشبكات العصبية كبير ينتج الوعي وذلك حتى تتمكن هذه الشبكات من المحافظة على السلوكيات المعقدة. فيرى هؤلاء أن الوعي هو نتيجة حتمية لأي نظام وصل إلى حدّ معين من التعقيد. وبالتالي يعتقدون أنه لا داعي لإعطاء الموضوع أهمية. فإذا ما وصلت أنظمة الذكاء الاصطناعي إلى درجة كبيرة من التعقيد سيظهر الوعي كناتج ثانوي لهذا التعقيد.

وليس من السهل قبول هذه الفرضية. لكن لو سلمنا – جدلاً– بها، سيجابهنا سؤال آخر لا يقل تعقيداً، ألا وهو كيف نستدل على وجود الوعي عند الآلة. فمن الصعب أن نجد نوعاً من التجارب العلمية التي تساعدنا على حلّ هذه المسألة. ويصر العديد من النقاد على أنه لا يكفي أن نرى تصرفات ذكية من الآلة فنحن نحتاج إضافة إلى ذلك إلى معرفة "الحالة الذهنية" التي تمتلكها، وهذه إشارة إلى الوعي.

وهذا اعتراض مقبول ونقد موضوعي. وباختصار قد يصل الحاسوب إلى كتابة أجمل المعلقات في الشعر العربي لكن هل يصل إلى مرحلة من الوعي توصله إلى إدراك روعة ما كتب؟.

٤ – ٧ الحاسوب ومسألة البديهة

في سعيهم للوصول لبناء آلات ذكية، جابه الباحثون في ميدان الذكاء الاصطناعي مسألة أساسية تسمى الآن مسألة المعارف البديهية. فعلى الرغم من أن العلماء كانوا يدركون تمام الإدراك أنه من الضروري تغذية الآلة بكل المعلومات الأساسية والمعارف الضرورية، إلا أنهم لم يتوقعوا حجم ودائرة المعارف التي يمتلكها الإنسان حول نفسه وحول محيطه.

في البداية لم يخطر على بال أحد من الباحثين أنه إذا أردنا تغذية الآلة بمعلومة مثل "إن الولد في المدرسة" يجب كذلك تغذيتها بمعلومات كثيرة جداً مثل: "إذا كان الولد في المدرسة فيده في المدرسة". أو كمثال آخر "إذا كان للأب ولد فالولد يصغر أباه سناً ويبقى كذلك مدى الحياة". كمّ هائل من المعارف البديهية يمتلكها الإنسان صغيراً كان أم كبيراً ولا ينتبه إليها ولا يتطرق إليها بشكل واضح ومحدد.

من أين للحاسوب بهذه الدائرة من المعارف؟ وهل بوسع الإنسان تغذية هذه المعارف للحاسوب وهو نفسه لا يقدر على حصرها؟ وحتى وإن تمكن من حصرها، على أي شكل يعرضها على الحاسوب؟ على شكل منجد أو موسوعة؟ أم على شكل قوانين؟ وهل لكل المعارف قوانين؟ وكيف نتعامل مع الاستثناءات؟ عقبات كثيرة وصعبة تعترض الباحثين في هذا الميدان، لكنهم يعيشون على أمل كبير في أن يتوصلوا إلى طريقة تجعل الحاسوب قادراً على التعلم وكسب المعارف. وبالتالي لن يكون هناك داع لتغذيته بكل المعارف الإنسانية. فقدرته على التعلم ستخول له اكتسابها بنفسه. ومن يدري؟ قد تتسع دائرة معارفه عن دائرة معارفنا، فهل هذا ممكن؟.

٥ – ٧ الحاسوب ومسألة العاطفة

المسألة هنا تختلف عن المشكلات السابقة. فالعاطفة مفهومة إلى حدّ ما. وهي بدون شك الفرق الأساسي بين الإنسان والآلة. والإنسان الذي لا عاطفة عنده يوصف بالمتحجر. وأهم الفروق بين الإنسان العادي والإنسان الآلي هي العاطفة.

قد يكون سعي الإنسان لصنع آلات ذكية له مبررات يتفق عليها الكثير. لكن سعيه لصنع آلات لها عاطفة يعترض عليه البعض. فالنظرة الغربية الكلاسيكية كانت تهزأ من العاطفة. وتعتبرها سبباً للفوضى وخطراً على المنطق والعقلانية. وإذا كانت العاطفة كثيراً ما تدفع الإنسان إلى اتخاذ قرارات غير معقولة، فلماذا نسعى إلى إضفائها على الآلة؟

يرى العاملون في مجال الحاسوب والعاطفة أن هناك على الأقل خمسة أسباب تجعل وجود آلة بعاطفة ضرورة وهي:

- تسهيل البحوث والتجارب في ميدان العاطفة البشرية وعلم النفس عن طريق المحاكاة عوضاً عن التجارب على الإنسان.
- جعل الإنسان الآلي أكثر نجاحاً وفعالية في المحيط الاجتماعي.
- جعل التعامل بين الآلات ممكناً وناجحاً لأنه سيصبح من الممكن لهذه الآلات أن تتفاهم.
- العاطفة مرتبطة ارتباطاً وثيقاً بكل ما نقوم به. وآلة لها نفس الخاصية تجعل التعامل معها أكثر سهولة.
- العاطفة تعطي للآلة إمكانية التعرف على الإنسان والمحيط الذي "تعيش" فيه.

ولم ينتظر الموالون لهذا الميدان إجماعاً على أهميته. فقد بادر عدد منهم بالبحث فيه. وتوصلوا إلى عدد من النتائج رغم الصعوبات البالغة التي اعترضتهم. وبحثوا في علاقة العاطفة بتغيرات نبرات الصوت، واحمرار الوجنتين، وتقطيب الجبين. وبحثوا في تمييز عبارات الثناء، واللوم، والتحسر، ومظاهر أخرى تتعلق بهذا الموضوع. وحصروا وبرمجوا قرابة ٧٠ تقلبات للوجه تعكس مشاعر مختلفة. ورغم حداثة هذا الميدان، فقد توصلت جامعة MIT الأمريكية من صنع رجل آلي نجح في إظهار بعض مظاهر العاطفة. وما زالت الأبحاث الكثيرة جارية من أجل الوصول إلى آلات أو حواسيب تمتلك شيئاً من العاطفة.

الفصل الثامن
مستقبل الذكاء الاصطناعي: آمال ومخاوف

لقد نبع الذكاء الاصطناعي نتيجة جهود كبيرة وفي ميادين علمية متعددة. وعندما بدأت نتائج هذه الجهود في الظهور أصبح جلياً أن تأثيراته تعدت الميدان العلمي لتمس جانباً كبيراً من مجالات الحياة اليومية. والتسارع الواضح الذي نشهده في تصنيع تقنية جديدة وذكية بدأ يطرح موضوعاً غاية في الخطورة وهو موضوع الجانب الأخلاقي والمعنوي ومدى تأثير التقنية الجديدة في مستقبل البشر.

وتجاه هذا التطور الجديد انقسم المهتمون بالموضوع إلى قسمين: قسم يرى أن هذه الآلات الذكية ستصل في النهاية إلى تحطيم حياة الإنسان والسيطرة على العالم. وتصل إلى مرحلة من التطور يصعب معها على الإنسان التحكم فيها. وقسم آخر لا يرى في الأمر خطورة. بل بالعكس يتطلع إلى مستقبل فيه من الرفاهية الشيء الكثير لما ستوفره الآلات الذكية من يسر في كثير من مجالات الحياة. الجدير بالذكر هو أن عدداً كبيراً من عناصر القسم الأول هم من صانعي هذه الآلات والعاملين في المجال.

فيما يلي سنطرح وجهتي النظر ونترك للقارئ الحكم، مع الإشارة إلى أن الموضوع معقد جداً رغم بساطته الظاهرية ويحتاج إلى تفكير عميق ودراسة متأنية.

٨ – ١ الذكاء الاصطناعي تقنية الدمار الشامل

كانت الآلات الذكية والروبوتات العبقرية موضوعاً مسلياً لأفلام الخيال العلمي لم يكن لها هدفٌ سوى تقديم أرباح كبيرة في دور السينما من خلال إطلاق العنان للخيال البشري. لكن اليوم وبمتابعة ما يجري في هذا الميدان بات تحقيق هذه الآلات غير بعيد. والمحاولات الأولى في هذا الطريق كُللت بالنجاح. وقريباً قد يصبح الخيال العلمي واقعاً علمياً. فإذا ما تواصل هذا النجاح سيجابه العالم مخاطراً كثيرة في هذا القرن قد تؤدي

لأن يصبح الإنسان البشري عبداً يخدم الإنسان الآلي.

فإذا ما نجح العلماء في تطوير آلات ذكية جداً، سيكون لنا خياران لا ثالث لهما.أما الخيار الأول فهو أن نترك للآلة حرية اتخاذ القرار منذ البداية وبهذا نفقد السيطرة على مجريات الأمور. ولا أحد يدري في هذه الحالة إلى أين ستسير بنا الآلات. فهي التي تخطط ونحن ننفذ دون وعي أو تفكير وبهذا الخيار يصبح الإنسان بلا إنسانية و قد يرى البعض أن هذا الخيار غاية في السذاجة فليس هناك إنسان بالغباء الكافي الذي يجعله يسلم أمره لآلة حتى وإن كانت غاية في الذكاء. إن الأمر ليس بهذه البساطة. ففي المستقبل غير البعيد، سيصبح العالم في غاية التعقيد إلى درجة يصعب على الإنسان مجاراة الأمور ويستسهل على نفسه الاستعانة بالآلة والقبول بقراراتها. وشيئاً فشيئاً يكون لها القرار الأول والأخير. ويزيد العالم تعقيداً. وفي ذلك الوقت يصبح الاستغناء عن الآلة ضرباً من الانتحار.ولو التفتنا قليلاً إلى الوراء قبل التلفاز، والسيارة، والمكيف، والهاتف، والثلاجة، وغيرها. وقارنا تلك الأيام باليوم سنرى مدى تعلقنا بالآلة على الرغم من أن آلة اليوم لا تملك من الذكاء شيئاً ولا تصنع القرار. آلة المستقبل القريب أكثر إغراءً وأكثر قوة.

أمّا الخيار الثاني فهو ألا نسلم مقاليد الأمور للآلة ويكون للإنسان السيطرة على عدد من الآلات الذكية التي تخصه مثل الآلات المنزلية، والسيارة، والحاسوب وغيرها. في هذه الحالة ستكون الآلات الأكبر والأقدر والأذكى عند عدد صغير من الناس وهم النخبة. وهنا – رضينا أم أبينا – ستكون هذه النخبة – على خُلق كانت أم لم تكن– تملك موازين القوى وتتحكم في مصير العامة بما تملكه من تقنية غاية في التعقيد والذكاء. ويتحول الناس إلى خدم يخدمون أصحاب القوة وهم قلة. ولما في طبيعة البشر من أنانية وطمع وحب للذات ليس من الصعب أن نتخيل العواقب الوخيمة لهذه الطبقية التكنولوجية.

إذاً، في صورة الوصول للآلات الذكية التي سعى إليها العاملون في ميدان الذكاء الاصطناعي سيكون أمام البشرية خياران أحلاهما أمرّ من المرّ. فالأمر هنا يتعلق بمستقبل البشرية ويجب أن يؤخذ مأخذ الجد فإمكانية أن يتفوق الرجل الآلي على الإنسان أمر في غاية الخطورة ولا يمكن تجاهله حتى وإن كان مستبعداً. وما من إنسان في يومنا هذا قادر على الجزم بالاستحالة. وما دامت الإمكانية موجودة فهناك خطر محدق.

سيكون من الصعب على الشخص العادي أن يحس بالخطورة والدليل على ذلك أنه رغم تسارع التطورات في ميدان الذكاء الاصطناعي قليل مَنْ تحدث عن المخاطر التي تنتظرنا في المستقبل وهذا أمر طبيعي لسببين مهمين اولهما ان الإنسان العادي يتعامل مع هذه الأشياء من بعيد ويعتبر نفسه غير مسؤول عن تفاصيلها وآثارها ومستقبلها ولا يشغل نفسه بذلك. فلو أخذنا مثلاً الهندسة الوراثية وتعاملها مع أقرب الأشياء للإنسان ألا وهو الغذاء، فقد جاء هذا الميدان ليحدث ثورة في الميدان الزراعي بتطوير عشرات الآلاف من المحاصيل الجديدة بالتلاعب بجينات المحاصيل الطبيعية.

ورغم ما في هذا من تعد على نواميس الكون، لم يثر نقاشاً ولا بلبلة بل بالعكس وافقت وزارة الزراعة الأمريكية على ٥٠ محصولاً زراعياً. وأكثر من نصف المحصول العالمي من فول الصويا وثلث المحصول الزراعي من الذرة تحتوي على جينات غير طبيعية. وكذلك لم يكترث أحد أو ربما الكثير لم يكن يدري. لكن عندما جاءت قضية الاستنساخ والنعجة "دوللي" (شكل ١ – ٨) التي تصدرت الصحف وصارت حديث الناس واعتبره الكثير توظيفاً غير أخلاقي للتقنية. فأين الفرق؟ فولادة دوللي جعلت الناس يحسون بخطورة ميدان الهندسة الوراثية رغم أن دوللي لن تمس أحداً بسوء لكن المبدأ نفسه هو الذي يرفضه الكثير. وكما هو الحال دائماً لا نعرف عن الشيء وعن خطورته إلا بعد ما يصبح حقيقة. فهل

ننتظر حتى نقرأ في الصحف عن ظهور أول رجل آلي يفوق الإنسان ذكاءً. أغلب الظن أن الأمر سيكون كذلك.

السبب الثاني الذي يجعل من الصعب على الإنسان العادي إدراك مدى الخطورة التي قد تسببها الآلات الذكية على حياة البشر هو أننا تعودنا على قبول الاكتشافات الجديدة بسهولة. فكثرة الاكتشافات التي شهدها القرن العشرون جعلت تقبلنا لها – وربما ترحيبنا بها– أمراً روتينياً لا يستدعي التفكير. لكن ما يجهله الكثير أن اكتشافات القرن الواحد والعشرين ليست من النوع الكلاسيكي. فالذكاء الاصطناعي والرجل الآلي والهندسة الوراثية تشكل خطراً أكبر من الاكتشافات التي سبقت. فمن المحتمل جداً أن تكون لها القدرة على "التنسّخ" والتضاعف التناسخي. فالروبوت الجديد قد يصبح تلقائياً روبوتات. ولم لا؟ وقد حصل هذا مع الجينات التي ابتدعها الإنسان. ولنا في فيروس "الإبولا" ابلغ درس. ونحن مازلنا في طور كتابة هذه السطور بلغ إلى أسماعنا عملية استنساخ أول جنينين بشريين (أحدهما برازيلي) والبقية قد تأتي مع أملنا بألا تأتي.

كان القرن العشرون قرن أسلحة الدمار الشامل وقد يكون القرن الواحد والعشرون قرن "معلوماتية الدمار الشامل" أو "تقنية الدمار الشامل". ولنا في القرن الذي انقضى درس حري بنا ألا نتجاهله. عندما قاد الفيزيائي روبرت أوبنهايمر فريقاً من العباقرة لاختراع القنبلة الذرية لم يتوقف أحد من هؤلاء ولا من غيرهم ليتساءل عن جدواها. فقد كان خوفهم من هتلر أقوى من نزعتهم الأخلاقية والأدبية. وبسرعة تم الاختراع. عند ذلك، أحس بعضهم بضرورة الوقوف عند هذا الحدّ. ولكن كان قد فات الأوان. فعدد من هؤلاء العلماء أغرته عبقرية الاختراع بالتمادي في هذا الطريق حتى النهاية وفي ٦ أغسطس ١٩٤٥م أُلقيت إحدى هذه القنابل على هيروشيما وأحدثت الدمار (شكل ٢ – ٨).
وهزت الفاجعة أرجاء العالم. ولحقتها قنبلة أخرى على ناجازاكي بعد ثلاثة أيام فقط. ففي حين كان الكثير يعيش حالة من الرعب، كان هناك من يحس

بحالة من الارتياح والفرح – فرح بنجاح الاختراع. غاية في التجبر والغرور العلمي! وبعد ثلاثة شهور يقف مخترع القنبلة الذرية ليقول: " من الاستحالة أن نكون علماء دون أن نؤمن بقوة العلم وأهميته للإنسان ودون أن نكون على استعداد لتحمل العواقب" . فالنجاحات العلمية تغري العلماء بالتمادي حتى وإن كانت النتائج تخل بالأخلاق وتضر البشرية. ولم يقف الحد عند القنابل الذرية فقد ظهرت أسلحة أخرى للدمار الشامل كالأسلحة البيولوجية والكيماوية.

فإذا كانت هذه الاختراعات في القرن العشرين شراً على البشرية فاختراعات القرن الواحد والعشرين أخطر بكثير. إن أسلحة الدمار الشامل كانت تحتاج إلى معلومات كبيرة وسرية وتحتاج إلى عناصر كيماوية نادرة ومجهودات على مستوى الدول. وهذا ما حدّ من خطورتها. لكن معلوماتية الدمار الشامل ستكون رخيصة متوفرة وفي متناول الجميع. وهذه الآلات الذكية التي نرتقبها ستكون آلات للدمار إذا انهمك العلماء في العلم وتناسوا الأخلاق.

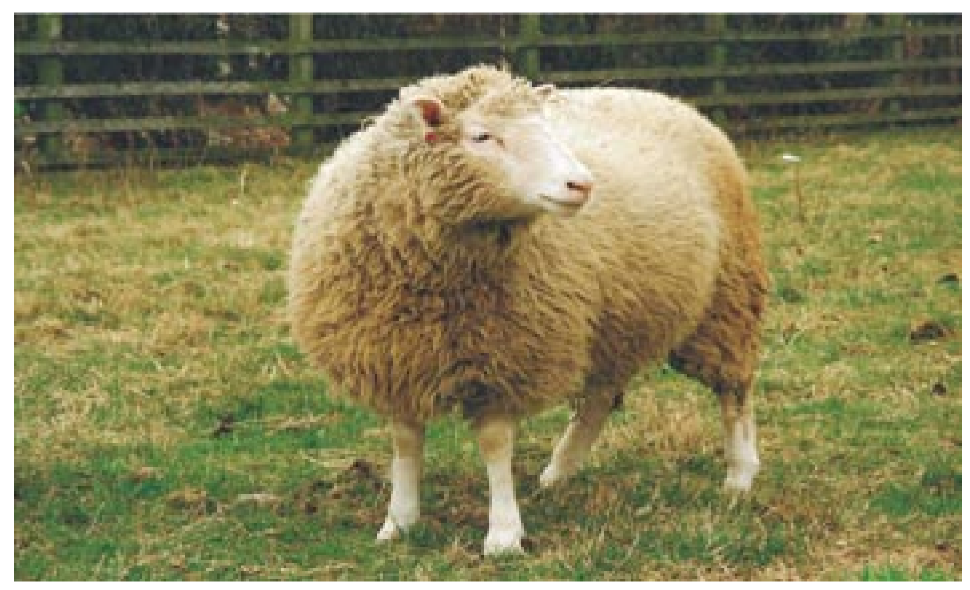
لقد دخلنا القرن الجديد دون رؤية مستقبلية واضحة. والأخطر من ذلك أن صانعي التقنية دخلوه بدون "فرامل" ومع العولمة والسوق الحرة، مَن يمنع الشركات الكبرى من البحث عن الأرباح في آلات حتى وإن كان فيها دمار العالم؟ لقد شهدت أسلحة الدمار الشامل سيطرة مطلقة من الحكومات. وستشهد معلوماتية الدمار الشامل سيطرة مطلقة من الشركات التجارية وشتان بين هذا وذاك.

يرى كثير من العلماء أنه سيصل العلم لاختراع الآلة الذكية جداً قبل سنة ٢٠٣٠, م وبحلول هذه الآلة وإمكانية "توالدها"، سيدخل العالم في مأزق لا يمكن الرجوع عنه. وليس هناك من حل سوى التراجع عن التقنية التي قد تضر الإنسان والتركيز على الأخلاقيات في الميادين الهندسية. ويسأل الإنسان نفسه لماذا نصنع ما يضرنا؟

إن ما سيفرزه الذكاء الاصطناعي من تقنية متطورة حتى وإن لم تهدد

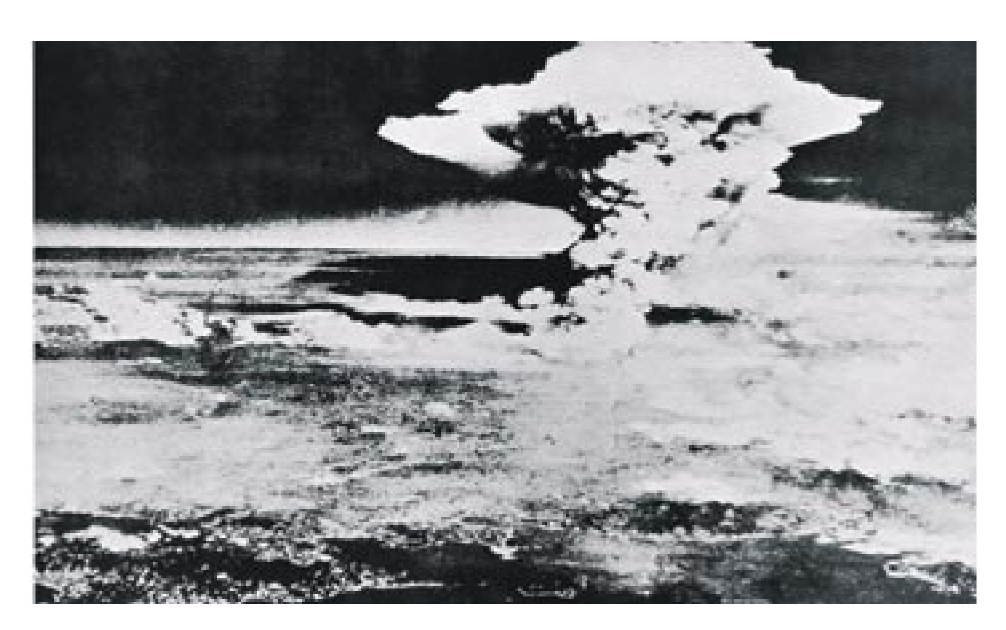
بقاءنا على وجه الأرض، قد تجهض الإنسانية داخلنا. فجهاز صغير كالتلفاز قتل علاقاتنا الأسرية والاجتماعية. وجهاز كالحاسوب أنسى أطفالنا ألعابهم البسيطة والمليئة بالمرح والإبداع. واختراع بسيط كالإنترنت حبس الكتب في الرفوف وجعل المطالعة إضاعة للوقت لا تتماشى مع روح العصر.

إذا كانت أجهزة " غبية " كهذه نجحت في تجريدنا من بعض إنسانيتنا وعاداتنا. أنصمد أمام ما هو أذكى منها؟ إن العالم الآن يسبح في بحر شواطئه قريبة. وإذا ما تمادينا، سنسبح في بحر شواطئه بعيدة المنال. وستكون الأمواج عاتية. نأمل ألا تسير الأمور في هذا الاتجاه، لكن من يدري؟.



شكل ١ – ٨ (دوللي) واحدة من إفرازات تقنية الدمار الشامل؟

المصدر: www.wjm.co.uk/images/dolly.jpg



شكل ٢ – ٨ (قنبلة هيروشيما) واحدة من افرزات اسلحة الدمار الشامل

المصدر: mothra.rerf.or.jp/ENG/A-bomb/photo-1/

٢ – ٨ التشاؤم من مستقبل الآلة تفاؤل مفرط بنجاحها

يرى كثير من الناس أن المتخوفين من المستقبل والمتشائمين مما قد تسببه الآلة الذكية هم مفرطون في التفاؤل بأن تصل الآلة في المستقبل القريب إلى درجة كبيرة من الذكاء يجعلنا نخاف على أنفسنا. فهذا الإفراط الزائد في التفاؤل ولّد التشاؤم. وكما يقال "الشيء إذا وصل الحدّ انقلب إلى الضد".

فكثير من الناس يؤمن بأن القدرة الحاسوبية، والرجل الآلي، والهندسة الوراثية، وغيرها من العلوم الحديثة مازالت لم تنضج بعد. فلماذا نتصرف وكأنها أصبحت حقيقة؟ لماذا نتهم هذه التقنية على أساس ما قد تسببه لنا في مستقبل غير قريب ؟ ولماذا نلتجئ إلى هذا النوع من الاستقراء التشاؤمي؟ قد يكون من الصعب جداً الوصول إلى آلات أذكى منا. وحتى وإن حدثت المعجزة ووصلنا بعد سنوات عديدة، سنكون يومها قد تعودنا على هذه الأنواع من المعجزات فمن نعم الله على الإنسان أن

أعطاه القدرة على التأقلم.

كان الناس في القرن التاسع عشر يعتقدون أن لحومهم ستنسلخ عن عظامهم لو ركبوا قطاراً يسير بسرعة ٣٠ كم في الساعة. ونحن الآن نركب طائرات تسير بسرعة الصوت ولم يحدث شيء يهدد إنسانيتنا أو وجودنا. وكان الحالمون في أوائل القرن العشرين يظنون أننا في نهاية القرن سنمتلك طائراتنا الخاصة ونجوب الفضاء. وعبرت عن هذه الأحلام كتب الخيال العلمي من ١٩٢٠ إلى ١٩٥٠م. وكان فطاحلة العلماء مثل أديسون وتسلا يتنبؤون بأن تكون الطاقة الذرية والكهربائية مجاناً في نهاية القرن العشرين فكان العكس.

كثير من الاستقراءات والتنبؤات القديمة صحت ولكن علّمنا التاريخ أن التنبؤات المتطرفة دائما تكذب. ليس هناك شك في أن تقنية المستقبل ستمثل تحدياً كبيراً للبشرية. ولكن ليس هناك جديد في القضية. فتقنية الماضي شكلت تحدياً لمن قبلنا، وكما كانوا، سنكون قادرين على مواجهة التحدي. إن هذا الحاضر المضيء الذي نعيشه الآن كان مستقبلاً مظلماً للذين حبسوا جاليليو. والمستقبل المظلم الذي يرسمه المتشائمون سيكون حاضراً مضيئاً لمن سيتعايشون مع هذه الآلات الذكية.

إن مناقشة "استسلام" الإنسان للروبوت أو تنسّخ الآلات دون تحكمنا فيها سابقة لأوانها. فإذا ما اقتربنا من ذلك العصر الذي قد لا يكون قريباً، وإذا ما توفرت الحقائق، سيكون الإنسان كما كان دائماً قادراً على تفادي الدمار الشامل. فلا خوف من مواصلة مسيرة العلم والتقنية فالدمار الذي يسببه الجهل أكثر بكثير مما يسببه العلم، خصوصاً في عالم فيه العلم معيار التفوق الأول والأخير.

المراجع

١ـ **إبراهيم عبـد الله القلاف**،(١٩٩٩م)، الروبوت: ميكانيكية الإدراك ومرئيات في الصناعات الحديثة، المؤسسة العربية للطباعة والنشر، البحرين.

2- Bain, A (1873), Mind and Body, the Theories of Their Relation. London: Henry King.

3- Boole, G. (1854), The Laws of Thought, London: McMillan, Re-published By Daver: New York In 1958.

4- Budzik, J. and Hammond, K. (2000), User Interaction With Eve-ryday Applications as Context For Just-In-Time Information's Access, Proceedings of the 2000 International Conference on Intelligent User Interfaces, 44-51.

5- Cohen, H. (1995), The Further Exploits of AARON, Painter, Stanford Humanities Review 4.

6- Dreyfus, H.L (1979), What Computers Can't Do: The Limits of Artificial Intelligence, Harper and Row, NY.

7- Dreyfus, H.L. (1972), What Computers Can't Do: A Critique of Artificial Reason, Harper And Row, NY.

8- Dreyfus, H.L. (1992), What Computers Still Can't Do: A Critique of Artificial Reason, MIT Press, Cambridge, Massachusetts.

9- Dreyfus, H.L. And Dreyfus, S.E. (1986), Mind Over Machine: The Power of Human Intuition and Expertise in the Era of The Computer, Blackwell, Oxford.

10- Ford, K. And Hayes, P. (1998), On Computational Wing: Rethinking the Goals of Artificial Intelligence, Scientific American Presents 9 (4): 78-83

11- Friedberg, R.M. (1958), A Learning Machine : Part I. IBM Journal, 2:2-13.

12- Frijda, N. And Swagerman, J. (1987), Can Computers Feel? Theory and Design of an Emotional System, Cognition And Emotion 1 (3): 235-257.

13- Hearst, M. And Hirsh, H. (2000), AI's Greatest Trends and Controversies, IEEE Intelligent Systems 15 (1): 8-17

14- Hebb, D.O. (1949), The Organization of Behavior, Wiley, New York

15- Hendler, J. (1999), Is There An Intelligent Agent in Your Future? Nature Web Matters.

16- Hofstadter, D. (1985), On the Seeming Paradox of Mechanizing Creativity Metamagical Themas, Basic Books, New York 525-546.

17- Holland, J.H. (1975), Adaption in Natural and Artificial Systems, University of Michigan Press.

18- Ignizio, J.P. (1991), Introduction to Expert Systems: The Development And Implementation of Rule-Based Expert Systems, McGraw-Hill International Editions.

19- Kandel E., Schwantz J., and Jessel T. (Eds) (1991), Principles of Neural Science, 3rd Ed., Elsevier, New York.

20- Leake, D. and Kolodner. J. (2001), Learning Through Case Analysis, Encyclopedia of Cognitive Science, Macmillan, London.

21- Lenat, D. (1979), On Automated Scientific Theory Formation: A Case Study Using The AM Program, Machine Intelligence, V. 9, Halsted Press.

22- Lenat, D.B. And Feigenbaum, E.A. (1991), On the Thresholds of Knowledge, Artificial Intelligence, 47 (1-3): 185-250.

23- Lippmann R. (1987), An Introduction to Computing With Neural Nets, IEEE ASSP Magazine, April.

24- Luger, G. F. And Stubblefield, W.A. (1998), Artificial Intelligence: Structures And Strategies For Complex Problem Solving, Third Edition, Harlow, England: Addison Wesley Longman, Inc.

25- McCulloch, W.S. and Pitts, W.H, (1943), A Logical Calculus of The Ideas Immanent In Nervous Activity, Bulletin of Mathematical Biophysics, 5: 115-137.

26- Mitchell T. (1997), Machine Learning, McGraw Hill.

27- Norman, D.A. (1980), Twelve Issues of Cognitive Science, Cognitive Science 4(1): 1-32.

28- Pomerleau, D. And Jochem, T. (1996), A Rapidly Adapting Machine Vision System For Automated Vehicle Steering, IEEE Expert 11 (2): 19-27.

29- Rashevsky, N (1938), Mathematical Biophysics, University of

Chicago Press, Chicago, IL.

30- Rosenblatt, F. (1958), The Perceptron: A Probabilistic Model For Information Storage And Organization In The Brain, Psychological Review, 65: 386-408.

31- Rosenblatt, F. (1960), Perceptron Simulation Experiments, Proceedings of the IRE 48: 301-309.

32- Rosenblatt, F. (1962), Principles of Neurodynamics, Spartan, Chicago.

33- Rumelhart, D. and McClelland J., (1986), Parallel Distributed Processing: Explorations In The Microstructure of Cognition, MIT Press.

34- Russell and Norvig (1995), Artificial Intelligence: A Modern Approach, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.

35- Schalkoff R., (1997), Artificial Neural Networks, McGraw Hill.

36- Schank, R.C and Leake, D. (1989), Creativity And Learning In A Case-Based Explainer, Artificial Intelligence 40 (1-3): 353-385.

37- Searle, J.R. (1992), The Rediscovery of The Mind, MIT Press, Cambridge, Massachusetts.

38- Turing, A. (1950), Computing Machinery And Intelligence Reprinted in Mind Design II, MIT Press 1997.

39- Weizenbaum, J. (1965), ELIZA: A Computer Program For The Study of Natural Language Communication Between Man And Machine, Communications of The Association For Computing

Machinery, 9 (1): 36-45.

40- Widrow, B (1962), Generalization and Information Storage In Networks of Adaline “Neurons ”, Self Organizing Systems 1962, Chicago Spartan, 435-461.

41- Zadeh, L.A. (1965), Fuzzy Sets, Information and Control, 8: 338-353.

42- Zadeh, L.A. (1973), Outline of a New Approach To The Analysis of Complex Systems and Decision Processes, IEEE Transactions on Systems, Man, And Cybernetics, SMC-3 (1): 28-44.